



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**GESTIÓN DE PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL.
MEJORA DE TRAZADO Y AMPLIACIÓN DE
PLATAFORMA. CARRETERA CA-354
GOLBARDO-NOVALES, PK 0+400 AL 6+400**

Trabajo realizado por:

Marco González Rodríguez

Dirigido:

Luis Manuel Acebes Escudero

Titulación:

**Máster Universitario en
Ingeniería de Caminos, Canales
y Puertos**

Santander, julio de 2021

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**GESTIÓN DE PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE INGENIERÍA CIVIL.
MEJORA DE TRAZADO Y AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA. CARRETERA
CA-354 GOLBARDO-NOVALES, PK 0+400 AL 6+400.**

AUTOR: Marco González Rodríguez.

DIRECTOR: Luis Manuel Acebes Escudero.

CONVOCATORIA: Julio de 2021.

PALABRAS CLAVE: Gestión / Construcción / Obra / Carretera / Memoria Constructiva / Estudio Económico / Balance Económico / Plan de Obra / Propuesta de Alternativas.

RESUMEN:

El presente Trabajo de Fin de Máster consiste en la gestión, desde el punto de vista de la empresa constructora, del proyecto de construcción *"MEJORA DEL TRAZADO Y AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA DE LA CARRETERA CA-354 DE GOLBARDO A NOVALES, PK 0+400 AL PK 6+400. TRAMO: GOLBARDO-NOVALES"*, redactado por la Dirección General de Obras Públicas del Gobierno de Cantabria con la pretensión de mejorar las características de la carretera autonómica CA-354 entre las localidades de Golbardo y Novales, ubicadas en los municipios de Reocín y Alfoz de Lloredo respectivamente.

El 5 de septiembre de 2014 se publicó en el Boletín Oficial de Cantabria el anuncio de licitación del contrato de obra y el 2 de febrero de 2015 se adjudicó la obra a la empresa OBRASCÓN HUARTE LAÍN, S.A., que fue la que presentó la proposición económicamente más ventajosa, por importe de 2.626.886,84 €, lo que supuso una baja del 40,10 % con respecto al Presupuesto Base de Licitación, que ascendía a la cantidad de 4.385.453,52 €. En la actualidad, esta obra se encuentra ya ejecutada y terminada.

El presente documento se estructura en 4 apartados:

- **I. Introducción:** se describe el proyecto de construcción, el proceso de licitación que tuvo lugar y las actividades que debería realizar el Jefe de Obra antes del inicio de la misma.
- **II. Memoria Constructiva:** se desarrollan los procedimientos constructivos más importantes (movimiento de tierras, drenaje, firmes, muros...) y se calcula, a partir de los costes horarios de la maquinaria y rendimientos esperados, el coste unitario de cada unidad de obra para la empresa constructora. Teniendo en cuenta la medición, se obtiene el coste total de cada unidad de obra y el tiempo de ejecución previsto. Además, se incluye un plan de obra detallado acorde a esta planificación, resultando el plazo de ejecución de la obra de 15 meses y 1 semana, casi 3 meses menos que el plazo contractual que era de 18 meses.

- **III. Estudio Económico:** se calcula el coste total de la obra para la empresa constructora y se obtiene la oferta que se podría hacer en un proceso de licitación, comparándola con la realizada por la empresa adjudicataria de la licitación real. Se presenta a continuación una tabla resumen de los resultados obtenidos en este apartado:

Coste Directo	2.681.685,20 €
Gastos de Gestión Interna	360.000,00 €
Tasas de Estructura	183.558,43 €
Tasas de Inspección	112.182,39 €
COSTES TOTALES	3.337.426,02 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	3.045.665,34 €

CA	0,9208
BAJA	7,92 %
VENTA	3.337.426,02 €

La baja obtenida a partir del *Estudio Económico* es del 7,92 %, mucho menor que la baja de la empresa adjudicataria de la obra, que fue del 40,10 %. Para poder presentar una oferta más competitiva en el proceso de licitación, se han realizado una serie de consideraciones al proyecto que permitan aumentar la baja así como la asunción de un cierto riesgo para tener más opciones de adjudicación.

- **IV. Propuesta de Alternativas:** se recogen una serie de consideraciones que permiten mejorar el balance económico de la obra para la empresa constructora, sin que ello suponga una disminución de la calidad de la obra. Además, incluye mejoras, correcciones del proyecto y nuevas unidades de obra no incluidas que se consideran necesarias para la correcta ejecución de la obra. En la siguiente tabla se recogen las consideraciones propuestas con la correspondiente reducción del coste directo para la empresa constructora y del presupuesto de ejecución material para la Administración:

		CD	PEM
1	Reducción plazo ejecución	0,00 €	0,00 €
2	Muros de escollera	-108.692,69 €	-95.348,97 €
3	Reducción de pedraplén en trincheras	-13.229,46 €	-13.144,49 €
4	Reducción y proveniencia de ZA	-136.697,36 €	-176.029,96 €
5	Ejecución desmonte D18 con voladura	-84.934,94 €	0,00 €
6	Sustitución vertedero 3+700	-33.917,55 €	-41.183,01 €
7	Sustitución terraplén por pedraplén	26.831,24 €	58.626,26 €
8	Vertederos alternativos para tierras	-32.752,58 €	0,00 €
9	Dotación riego de imprimación	10.094,24 €	10.582,71 €
10	Error medición ODT 1000	-4.713,94 €	-2.589,63 €
11	Sustitución tubo transversal PVC 5+500	1.139,23 €	1.257,10 €
12	Tratamiento torcas	1.528,00 €	2.490,00 €
	TOTAL	-375.345,81 €	-255.339,99 €

De manera análoga al apartado anterior, se vuelve a calcular la baja con el nuevo coste directo:

Coste Directo	2.306.339,39 €
Gastos de Gestión Interna	305.000,00 €
Tasas de Estructura	157.588,09 €
Tasas de Inspección	96.310,52 €
COSTES TOTALES	2.865.238,00 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	3.045.665,34 €

CA	0,7906
BAJA	20,94 %
VENTA	2.865.238,00 €

Ante la previsión de que esta baja del 20,94 % pudiera no ser suficiente para conseguir la adjudicación del contrato de esta obra por comparación con obras de tipología y envergadura similar y con Administraciones regionales como el Gobierno de Cantabria (y de hecho, no lo hubiera sido en el proceso de licitación real de la obra, que se adjudicó a OHL con una baja del 40,10 %), habrá de asumirse un cierto riesgo para incrementar la baja obtenida.

Asumiendo un riesgo del 14 %, se podría alcanzar una baja del 35 %, que no llega a ser el 40,10 % de la adjudicación real, pero estaría alrededor de la media de las empresas que optaron al proceso de licitación real.

Actualmente, es muy extraño que el criterio de valoración de las ofertas sea únicamente el precio como es el caso de esta obra. De hecho, en la actualidad, esta misma Administración incluye diferentes criterios de valoración en todas las obras de este tipo que licita, siendo la oferta económica únicamente un 45 % del total de la valoración. Por lo tanto, el estudio realizado en este TFM sería válido asumiendo el riesgo citado y haciendo una buena presentación técnica (similar a la memoria desarrollada) que pudiera compensar en puntuación el no ofertar la propuesta económica más barata.

**CIVIL ENGINEERING CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT. LAYOUT
IMPROVEMENT AND PLATFORM ENLARGEMENT. CA-354 GOLBARDO-
NOVALES ROAD, PK 0+400 TO 6+400.**

AUTHOR: Marco González Rodríguez.

DIRECTOR: Luis Manuel Acebes Escudero.

CALL: July 2021.

KEYWORDS: Management / Construction / Works / Road / Construction Report / Economic Study / Economic Balance Sheet / Work Plan / Proposal of Alternatives.

ABSTRACT:

This document consists of the management, from the point of view of the construction company, of the construction project "LAYOUT IMPROVEMENT AND PLATFORM ENLARGEMENT OF THE CA-354 ROAD FROM GOLBARDO TO NOVALES, PK 0+400 TO PK 6+400. Section: GOLBARDO-NOVALES", drafted by the General Direction of Public Works of the Government of Cantabria with the aim of improving the characteristics of the CA-354 regional road between the localities of Golbardo and Novales, located in the municipalities of Reocín and Alfoz de Lloredo.

On September 5, 2014, the tender announcement for the works contract was published in the Official Bulletin of Cantabria and on February 2, 2015, the contract was awarded to the company OBRASCÓN HUARTE LAÍN, S.A., which submitted the most economically advantageous proposal, for the amount of 2,626,886.84 €, which represented a 40.10% reduction with respect to the Base Tender Budget, which amounted to the sum of 4,385,453.52 €. At present, this work is already executed and completed.

This document is structured in 4 sections:

- **I. Introduction:** describes the construction project, the tendering process that took place and the activities to be carried out by the Construction Manager prior to the start of construction.
- **II. Construction Report:** the most important construction procedures are developed (earthworks, drainage, pavements, walls...) and the unit cost of each unit for the construction company is calculated from the hourly costs of the machinery and expected yields. Taking into account the measurement, the total cost of each unit of work and the expected execution time are obtained. In addition, a detailed work plan is included according to this planning, resulting a work execution time of 15 months and 1 week, almost 3 months less than the contractual term, which was 18 months.

- **III. Economic Study:** the total cost of the work for the construction company is calculated and the offer that could be made in a tendering process is obtained, comparing it with the offer made by the company awarded in the real tendering process. A summary table of the results obtained in this section is presented below:

Direct Cost	2.681.685,20 €
Internal Management Expenses	360.000,00 €
Structure Taxes	183.558,43 €
Inspection Taxes	112.182,39 €
TOTAL COST	3.337.426,02 €
BASE TENDER BUDGET	3.045.665,34 €

AWARD COEFFICIENT	0,9208
REDUCTION	7,92 %
FINAL SALE	3.337.426,02 €

The reduction obtained from the *Economic Study* is 7.92 %, much lower than the reduction of the company awarded the work, which was 40.10 %. In order to be able to present a more competitive offer in the tendering process, some considerations to the project have been made to increase the reduction as well as the assumption of a certain risk in order to have more awarding options.

- **IV. Proposed Alternatives:** includes some considerations that improve the economic balance of the work for the construction company, without reducing the quality of the work. In addition, it includes improvements, project corrections and new work units not included that are considered necessary for the correct execution of the work. The following table shows the proposed considerations with the corresponding reduction in the direct cost for the construction company and in the material execution budget for the Administration:

		DC	MEB
1	Reduction of execution time	0,00 €	0,00 €
2	Change of wall typology	-108.692,69 €	-95.348,97 €
3	Reduction of esplanade in trenches	-13.229,46 €	-13.144,49 €
4	Reduction and origin of ZA	-136.697,36 €	-176.029,96 €
5	Execution of D18 with blasting	-84.934,94 €	0,00 €
6	Replacement of landfill 3+700	-33.917,55 €	-41.183,01 €
7	Replacement of filling material	26.831,24 €	58.626,26 €
8	Alternative landfill for soils	-32.752,58 €	0,00 €
9	Amount of bitumen emulsion	10.094,24 €	10.582,71 €
10	Measurement error ODT 1000	-4.713,94 €	-2.589,63 €
11	Replacement of PVC cross pipe 5+500	1.139,23 €	1.257,10 €
12	Treatment of sinkholes	1.528,00 €	2.490,00 €
	TOTAL	-375.345,81 €	-255.339,99 €

As in the preceding section, the reduction of BTB is recalculated with the new direct cost:

Direct Cost	2.306.339,39 €
Internal Management Expenses	305.000,00 €
Structure Taxes	157.588,09 €
Inspection Taxes	96.310,52 €
TOTAL COST	2.865.238,00 €
BASE TENDER BUDJECT	3.045.665,34 €

AWARD COEFFICIENT	0,7906
REDUCTION	20,94 %
FINAL SALE	2.865.238,00 €

In view of the forecast that this 20.94% reduction might not be sufficient to obtain the award of the contract for this work by comparison with works of a similar type and size and with regional administrations such as the Government of Cantabria (and in fact, it would not have been sufficient in the real tendering process for the work, which was awarded to OHL with a reduction of 40.10%), a certain risk must be assumed in order to increase the reduction obtained.

Assuming a 14% risk, a 35% reduction could be achieved, which is not quite 40.10% of the real award, but would be around the average of the companies that participated in the real tendering process.

Currently, it is very strange that the price is the only criterion for the evaluation of the bids, as is the case of this work. In fact, at present, this same Administration includes different evaluation criteria in all the works of this type that it tenders, being the economic offer only 45% of the total valuation. Therefore, the study carried out in this document would be valid assuming the aforementioned risk and making a good technical presentation (similar to the developed memory) that could compensate in score for not offering the cheapest economic proposal.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
3. PROCESO DE LICITACIÓN	14
4. ACTIVIDADES DEL JEFE DE OBRA PREVIAS AL INICIO DE LA OBRA	16
II. MEMORIA CONSTRUCTIVA	17
1. CAPÍTULO I: EXPLANACIONES	18
1.1. TRABAJOS PREVIOS	18
1.2. EXCAVACIONES	22
1.3. RELLENOS	34
1.4. TERMINACIÓN	37
2. CAPÍTULO II: DRENAJE	39
2.1. CUNETAS	39
2.2. TUBOS, ARQUETAS Y SUMIDEROS	46
2.3. DRENES SUBTERRÁNEOS	60
3. CAPÍTULO III: FIRMES	63
4. CAPÍTULO IV: MUROS	74
4.1. MUROS DE ESCOLLERA	74
4.2. MUROS DE HORMIGÓN EN MASA	79
4.3. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO	82
5. CAPÍTULO V: SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO DE OBRA	91
6. CAPÍTULO VI: SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS	92
7. CAPÍTULO VII: INTEGRACIÓN AMBIENTAL	94
8. CAPÍTULO VIII: ILUMINACIÓN	95
9. CAPÍTULO IX: REPOSICIONES Y VARIOS	97
10. CAPÍTULO X: GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	105
11. CAPÍTULO XI: PARTIDAS ALZADAS	107
12. CAPÍTULO XII: SEGURIDAD Y SALUD	109
13. CAPÍTULO XIII: CONSERVACIÓN DURANTE EL PERIODO DE GARANTÍA	111
14. PLAN DE OBRA	112

III.	ESTUDIO ECONÓMICO	127
IV.	PROPUESTA DE ALTERNATIVAS	135

I. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de Fin de Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos consiste en la gestión del proyecto de construcción *“MEJORA DEL TRAZADO Y AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA DE LA CARRETERA CA-354 DE GOLBARDO A NOVALES, PK 0+400 AL PK 6+400. TRAMO: GOLBARDO-NOVALES”*.

Se estructura en los siguientes tres documentos:

- **Memoria Constructiva:** en la cual se desarrollan los procedimientos constructivos más importantes y se calcula, a partir de los costes horarios de la maquinaria y rendimientos esperados, el coste unitario de cada unidad de obra. Teniendo en cuenta la medición, se obtiene el coste total de cada unidad de obra y el tiempo de ejecución. Finalmente, se incluye un plan de obra detallado.
- **Estudio Económico:** en el que se calcula el coste total de la obra para la empresa constructora y se obtiene la oferta que se podría hacer en un proceso de licitación, comparándola con la realizada por la empresa adjudicataria de la licitación real.
- **Propuesta de Alternativas:** en este documento se recogen propuestas de mejora del proyecto, corrección de eventuales errores del mismo y propuesta de posibles alternativas para mejorar la oferta económica sin que ello suponga una disminución de la calidad de la obra.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Dirección General de Obras Públicas del Gobierno de Cantabria pretendió mejorar las características de la carretera autonómica CA-354 entre las localidades de Golbardo y Novalés, ubicadas en los municipios de Reocín y Alfoz de Lloredo respectivamente, y para ello redactó el proyecto de construcción *“MEJORA DEL TRAZADO Y AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA DE LA CARRETERA CA-354 DE GOLBARDO A NOVALES, PK 0+400 AL PK 6+400. TRAMO: GOLBARDO-NOVALES”*.

Conjuntamente con este, se redactó otro proyecto de construcción de un nuevo puente sobre el río Saja entre los PK 0+000 y PK 0+400 de la carretera para sustituir al antiguo puente construido entre 1902 y 1903, que se encontraba en malas condiciones. Todo ello mejoró notablemente el acceso a la zona costera del municipio de Alfoz de Lloredo desde la intersección con la N-634. Ambos proyectos están en la actualidad ya ejecutados.



Figura 1. Antiguo (en primer plano) y nuevo (en segundo plano) puente de Golbardo.

El nuevo tramo de carretera tiene una longitud de 5.835,15 m, comienza en el PK 0+400, una vez finalizada la travesía del núcleo urbano de Golbardo, en el punto en que conecta con el nuevo trazado de la carretera CA-354 incluido en el proyecto de construcción del nuevo puente sobre el río Saja y concluye en la intersección con la carretera autonómica CA-353 (Puente San Miguel – Cóbreces) en la localidad de Novales.

El proyecto no incluye elementos singulares importantes (viaductos, túneles...), solamente dos intersecciones a nivel, tipo T con cuñas de entrada y salida, con los viales municipales que conducen a las localidades de La Busta (PK 0+770) y Rudagüera (PK 1+500).

Las características principales de la carretera proyectada son las siguientes:

- **Movimiento de Tierras:** 111.000 m³ de excavación. En gran parte es material reutilizable en la propia obra en terraplenes, pedraplenes, áridos, escollera... (68.000 m³), resultando un excedente de excavación de unos 43.000 m³ que se llevarán a vertedero.
- **Tráfico:**
 - IMD_p: 31 vh/día·sentido.
 - Categoría de tráfico pesado: T41.
- **Trazado:**
 - Velocidad de proyecto: 40 km/h, a excepción del tramo entre los PK 4+400 y 5+280 en el que la velocidad de proyecto se reduce a 30 km/h.
 - Anchura de plataforma: 6,50 m (dos carriles de 3,00 m y dos arcenes de 0,25 m).
- **Drenaje:**
 - Drenaje longitudinal compuesto por cunetas de hormigón en masa tipo VA-75 en zonas de desmonte que vierten, a través de arquetas, a colectores de PVC corrugado de ϕ 400 mm.
 - Drenaje de las capas inferiores de la plataforma de la carretera mediante zanjas drenantes con dren de ϕ 160mm, bajo cunetas de hormigón.
 - 29 obras de drenaje transversal con caños de hormigón de ϕ 1000 o ϕ 1200 mm, en sustitución de las existentes o de nueva construcción, para permitir el flujo de las cuencas hidrográficas cortadas por la carretera.
- **Firmes:** se dispone la siguiente sección tipo:
 - 70 cm de pedraplén.
 - 10 cm de zahorra artificial de regularización.
 - 30 cm de zahorra artificial.
 - 5 cm de mezcla bituminosa en caliente AC 22 bin 60/70 S en capa intermedia.
 - 5 cm de mezcla bituminosa en caliente AC 16 surf 60/70 D en capa de rodadura.
- **Muros:** el proyecto cuenta con la ejecución de 14 muros de escollera, hormigón en masa u hormigón armado, recogiendo las principales características en la siguiente tabla:

MURO	SITUACIÓN		MARGEN	TIPO DE MURO	LONGITUD (m)	ALTURA (m)	
	PK Inicial	PK Final				Mínima	Máxima
1I	0+655	0+685	Izquierda	HA	30,00	2,06	2,88
2I	0+935	0+945	Izquierda	HM	10,00	0,86	1,08
3I	1+125	1+195	Izquierda	HA	70,00	1,45	3,95
4I	1+335	1+355	Izquierda	ES	20,00	1,00	1,00

5I	2+935	2+955	Izquierda	HA	20,00	1,54	1,54
6I	4+940	4+990	Izquierda	HA	50,00	2,33	2,50
7I	5+310	5+360	Izquierda	HA	50,00	2,42	2,82
1D	0+635	0+695	Derecha	HA	60,00	1,90	3,52
2D	2+690	2+710	Derecha	ES	20,00	2,68	3,58
3D	3+215	3+225	Derecha	HA	10,00	1,50	1,50
4D	3+345	3+375	Derecha	HA	30,00	2,46	3,31
5D	3+520	3+560	Derecha	HA	40,00	1,95	2,34
6D	4+685	4+695	Derecha	HM	10,00	1,04	1,98
7D	5+170	5+240	Derecha	ES	70,00	7,00	7,00

- **Señalización, Balizamiento y Sistemas de Contención de Vehículos:** se dispone en cumplimiento con la normativa en vigor (*Normas 8.1-IC. Señalización Vertical, 8.2-IC. Marcas Viales y 8.3-IC. Señalización de Obra*) y con las recomendaciones y criterios habituales.
- **Iluminación:** se repone la iluminación de la intersección de Rudagüera y la existente a la entrada del pueblo de Novales.
- **Expropiaciones:** se expropia, conforme a la normativa vigente, un total de 63.913, 53 m² de terreno (98,3% rústico; 1,3% urbano y 0,4% eucaliptal).
- **Servicios Afectados:** en la tabla inferior se recogen los servicios afectados por la obra y cuáles deben ser repuestos. En el apartado 9.1.1. *Análisis de los servicios afectados por las obras* del documento II. *Memoria Constructiva* del presente documento se realizará un análisis más detallado de estas afecciones.

PK	Servicio
0+220	Línea eléctrica de alta tensión
0+240 al 0+320	Línea eléctrica de baja tensión
0+430	Línea eléctrica de alta tensión
0+440	Línea eléctrica de baja tensión
0+740 al 0+820	Línea eléctrica de baja tensión
0+750	Línea eléctrica de media tensión
1+500	Alumbrado público
1+730	Línea de telefonía
5+660	Alumbrado público
5+720 al 5+830	Línea eléctrica de baja tensión
5+740 al 5+830	Línea telefónica

- **Plan de Obra:** se establece un plazo de ejecución de la obra de 18 meses y un plazo de garantía de 12 meses. Como consecuencia de la planificación de la obra en el presente documento, se consigue disminuir el plazo de ejecución hasta 15 meses y 1 semana.

3. PROCESO DE LICITACIÓN

La celebración de contratos por parte de las Administraciones Públicas requerirá la previa celebración de un proceso de licitación. Al iniciar dicho proceso, la Administración presentará la documentación básica del concurso para que las empresas constructoras puedan estudiar el proyecto, hagan su cierre económico de la oferta y decidan si optar o no al concurso. Esta documentación básica estará compuesta por:

- Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares (PCAP).
- Documentación complementaria: proyecto base.

El 5 de septiembre de 2014 se publicó en el Boletín Oficial de Cantabria (BOC) el anuncio de licitación mediante procedimiento abierto y tramitación ordinaria de la obra de “Mejora de trazado y ampliación de plataforma carretera CA-354, de Golbardo a Novales, P.K. 0,400 al P.K. 6,400. Tramo: Golbardo – Novales”.

En el anuncio y PCAP, se establecen las siguientes características específicas del contrato:

Tramitación	Ordinaria
Admisión de variantes o mejoras	No
Presupuesto Base de Licitación	4.385.453,52 € (IVA incluido)
Plazo de Ejecución	18 meses
Revisión de Precios	Sí
Garantía Provisional	No
Garantía Definitiva	5 %
Clasificación del Contratista	Grupo G, subgrupo 4, categoría f
Criterios de Adjudicación	El precio como único criterio
Subcontratación	Máximo 60 %
Plazo de Garantía	12 meses

Las empresas que optaron a la licitación de esta obra debieron conformar 2 sobres con la siguiente documentación:

- **Sobre A (Documentación Administrativa):**
 - Acreditación de la personalidad jurídica de la empresa mediante escrituras, documentos de constitución, estatutos o acto fundacional.
 - Acreditación de la representación de la empresa.
 - Certificado expedido por el Registro Oficial de Contratistas del Ministerio de Hacienda por el cual se demuestra que la empresa cuenta con la clasificación exigida.
 - Declaración responsable por la cual se acredita estar al corriente de las obligaciones tributarias y con la Seguridad Social.
- **Sobre B (Propuesta Económica):** firmado y conforme al modelo incluido en el PCAP, en el que la empresa establece la cantidad por la cual se compromete a ejecutar las obras.

Tras finalizar el plazo de presentación de ofertas, se procedió a la apertura de pliegos y se rechazó la oferta presentada por la empresa Corsan-Corvian Construcción, S.A. por incurrir en baja temeraria.

Se clasificaron las ofertas de las empresas restantes atendiendo al único criterio de adjudicación que, según establece el PCAP, es el precio, resultando la siguiente relación:

Orden	Empresa	Importe
1	Obrascón Huarte Laín, S.A.	2.626.886,84 €
2	Sociedad Anónima Trabajos y Obras	2.640.043,19 €
3	UTE Ferrovial Agroman, S.A. – Servicios Públicos y Contratas S.L.	2.643.850,00 €
4	Construcciones Adolfo Sobrino, S.A.	2.653.199,56 €
5	Misturas Obras y Proxectos, S.A.	2.662.407,77 €
6	Asfaltos y Construcciones ELSAN, S.A.	2.697.492,64 €
7	Ascan Empresa Constructora y de Gestión, S.A.	2.721.173,91 €
8	Constructora Obras Públicas San Emeterio, S.A.	2.760.642,00 €
9	Vías y Construcciones, S.A.	2.766.782,63 €
10	Agrupación Guinovart Obras y Servicios Hispania, S.A.	2.769.414,08 €
11	Siecsa Construcción y Servicios, S.A.	2.787.840,00 €
12	Extraco, S.A.	2.789.148,01 €
13	UTE Cannor, S.L.-Ecoasfalt, S.A.	2.841.927,00 €
14	Servicios y Obras del Norte, S.A.	2.854.688,08 €
15	Asfin Cantabria, S.L.	2.899.000,00 €
16	Fernández Rosillo y Cia, S.L.	2.901.092,00 €
17	UTE FCC Construcción, S.A. – Técnicos Asociados Minero Industriales, S.A.	3.008.627,49 €
18	UTE Acciona Infraestructuras, S.A. – Teginser, S.L.	3.024.647,29 €
19	Alvargonzález Contratas, S.A.	3.047.889,57 €
20	Construcciones y Excavaciones Anibal, S.L.	3.048.010,00 €
21	Pas Infraestructuras y Servicios, S.L.	3.064.554,91 €
22	CRC Obras y Servicios, S.L.	3.178.137,60 €
23	Ceinsa Contratas e Ingeniería, S.A.	3.225.062,51 €
24	Dragados, S.A.	3.285.997,00 €
25	Tableros y Puentes, S.A.	3.311.017,40 €
26	Cuevas Gestión de Obras, S.L.	3.721.053,31 €

El 2 de febrero de 2015 se adjudicó la obra a la empresa OBRASCÓN HUARTE LAÍN, S.A., que fue la que presentó la proposición económicamente más ventajosa, por importe de 2.626.886,84 €.

Ello implica la siguiente baja y coeficiente de adjudicación:

Baja	1.758.566,68 €
	40,10 %
Coeficiente de Adjudicación	0,5990

La Administración reservó un total de 2.889.575,52 € para la ejecución de las obras, compuestos por el valor de la adjudicación (2.626.886,84 €) más un 10 % en concepto de liquidación de obras, valor máximo que recoge la Ley de Contratos del Sector Público a abonar en caso de posibles excesos de mediciones. En la siguiente tabla se recogen estas cantidades a modo de resumen:

Anualidad 2015	1.502.000,00 €
Anualidad 2016	1.124.886,84 €
Liquidación de obras	262.688,68 €
TOTAL	2.889.575,52 €

4. ACTIVIDADES DEL JEFE DE OBRA PREVIAS AL INICIO DE LA OBRA

Antes del inicio de la obra, el Jefe de Obra deberá llevar a cabo una serie de actividades:

- Revisión de los documentos del proyecto y comprobación de que no existan incompatibilidades entre ellos.
- Comprobación de que el estado actual de los terrenos descrito en el proyecto coincide con el real.
- Estudio de las expropiaciones y estado en que se encuentran los expedientes correspondientes.
- Análisis de los permisos solicitados a los organismos correspondientes, y en su caso realización de las solicitudes necesarias.
- Asimilación del concepto de la obra y planeamiento general de la misma.
- Análisis de mejoras del proyecto base.
- Estudios previos.

El Jefe de Obra deberá presentar un Estudio Económico de la obra a su empresa, en el que se analicen los costes de cada unidad de obra y rendimientos de ejecución esperados, para estimar el coste total de ejecución de la obra. Además, deberá redactar y entregar los siguientes documentos a la Dirección de Obra:

- **Plan de Obra:** planificación detallada de la previsión temporal de las distintas actividades de la obra. Este documento deberá ser entregado a la Dirección de Obra en un plazo máximo de 30 días contados a partir de la formalización del contrato.
- **Plan de Aseguramiento de Calidad y Medio Ambiente:** documento en el que se definen los cánones de calidad y medio ambiente que regirán el desarrollo de las obras.
- **Plan de Seguridad y Salud:** adaptación del Estudio de Seguridad y Salud del proyecto a la obra, maquinaria, tecnología y procesos constructivos de la empresa adjudicataria que se emplearán en la ejecución de las obras. Este último documento deberá ser aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección de Obra.

II. MEMORIA CONSTRUCTIVA

1. CAPÍTULO I: EXPLANACIONES

1.1. TRABAJOS PREVIOS

1.1.1. *Replanteo*

Antes del inicio de la obra, el contratista reconocerá los terrenos, comprobará que están a su disposición y firmará el Acta de Comprobación de Replanteo, momento a partir del cual comienza a correr el plazo de ejecución de la obra.

La primera labor a desempeñar será el replanteo de la traza de la carretera cada 20 m. Se dispondrán tres estacas en cada perfil transversal, una en el eje de la traza y otras dos en las aristas de corte del talud con el terreno. Aquellas estacas en las que haya que excavar se las denomina *estaca de cabeza del talud* y aquellas en las que el terraplén corta con el terreno, *estaca de pie de terraplén*.

Tanto en las estacas de cabeza de talud como en las de pie de terraplén, el topógrafo marcará en una cara la distancia que hay que subir o bajar para llegar a la cota final en coronación y en la otra cara el talud con que se realizará el desmonte o terraplén.

El equipo humano necesario para esta labor será un topógrafo y un ayudante, además de una estación topográfica total. El tiempo estimado es de 1 semana.

1.1.2. *Desbroce del terreno*

Consiste en la remoción de la capa de tierra vegetal de la superficie afectada por las obras hasta una profundidad mínima de 30 cm mediante un bulldozer.

Los pozos y agujeros resultantes de las operaciones de desbroce que queden dentro de la explanación se rellenarán con material del terreno y al menos con el mismo grado de compactación.

La tierra vegetal se aparta hacia los laterales y, cuando se necesite, se recogerá con una retroexcavadora y un camión y se reutilizará para revegetación de taludes de la propia obra. En caso de excedente, se llevará a vertedero.

El equipo utilizado será:

- Bulldozer de 13/18 T.

La medición de *Desbroce del terreno* es de 75.966,29 m² y se estima un coste horario del bulldozer de 70 €/h y un rendimiento de 2000 m²/día, resultando:

$$\text{Coste unitario bulldozer} = \frac{70 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{2000 \text{ m}^2/\text{día}} = 0,35 \text{ €/m}^2$$

$$\text{Coste de ejecución} = 75.966,29 \text{ m}^2 \cdot 0,35 \text{ €/m}^2 = 26.588,20 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{75.966,29 \text{ m}^2}{2000 \text{ m}^2/\text{día}} = 38 \text{ días}$$

1.1.3. Demolición del firme mediante fresado en frío

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para eliminar las capas de firme existentes dejando la capa inferior apta para el posterior extendido sobre ella de la nueva mezcla bituminosa. Tras el fresado, deberá barrerse la superficie para dejarla libre de suciedad.

Su ejecución incluye las operaciones de demolición, carga y transporte de los productos a vertedero o lugar de empleo.

El equipo utilizado será:

- Máquina fresadora de pavimento.
- Camión de tres ejes.

La medición de *Demolición del firme mediante fresado en frío* es de 37,5 m³ separado en los siguientes elementos:

Descripción	Medición	Unidad
Inicio y final	32,5	m ³
Intersecciones	5,0	m ³
Total	37,5	m³

Para esta unidad de obra, incluyendo la máquina fresadora, el camión de tres ejes y la retirada a vertedero se estima un coste unitario de 30 €/m³ y un rendimiento de 24 m³/h. Como la fresadora deberá trasladarse entre tajos, el rendimiento disminuirá considerablemente, suponiéndose un tiempo total de ejecución de 2 días para los 4 tajos (inicio, final y las dos intersecciones).

$$\text{Coste de ejecución} = 37,5 \text{ m}^3 \cdot 30 \text{ €/m}^3 = 1.125 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = 2 \text{ días}$$

1.1.4. Tala de árbol con extracción de tocón

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para cortar, destocoñar y retirar los árboles definidos en el proyecto de la zona afectada por las obras.

La ejecución de esta unidad incluye las operaciones siguientes:

- Tala del árbol con motosierra y troceado en longitudes no inferiores a 3 m.
- Extracción del tocón y las raíces mediante una retroexcavadora de neumáticos.
- Carga y transporte de los materiales extraídos a vertedero o lugar de empleo.
- Relleno y compactación por medio de la retroexcavadora de las oquedades causadas por la extracción de los tocones y raíces con material del terreno o un pedraplén de al menos el mismo grado de compactación del terreno.

El equipo necesario para realizar esta unidad de obra es:

- Motosierra.
- Retroexcavadora sobre neumáticos de 12/17 T.
- Camión de tres ejes.

La medición para esta unidad de obra son 111 unidades, ubicadas en los siguientes puntos kilométricos:

PK	Medición	Unidad
0+000 al 1+000	31	ud
1+000 al 2+000	47	ud
2+000 al 3+000	30	ud
4+000 al 5+000	2	ud
5+000 al 5+835	1	ud
Total	111	ud

Para esta unidad de obra, incluyendo la motosierra, la retroexcavadora, el camión de tres ejes y la retirada a vertedero se estima un coste unitario de 70 €/ud y un rendimiento de 25 ud/día.

$$\text{Coste de ejecución} = 111 \text{ ud} \cdot 70 \text{ €/ud} = 1.125 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = 5 \text{ días}$$

1.1.5. Retirada de elementos de señalización vertical, farolas y postes

Consiste en la retirada de carteles, señales verticales, farolas y postes que puedan entorpecer la ejecución de las obras. Se eliminarán también sus cimentaciones y todo ello será transportado a vertedero o al centro de conservación que indique la Dirección de Obra.

El equipo necesario para la retirada de señales verticales será:

- Pala mixta de 9 T.
- Camión de tres ejes.

Para la retirada de farolas o postes, se necesitará:

- Retroexcavadora sobre neumáticos de 12/17 T.
- Camión pluma.

Las mediciones del proyecto se definen en la siguiente tabla:

Unidad de obra	Medición	Unidad
Retirada señal vertical 1 poste	67	ud
Retirada señal vertical 2 o más postes	25	ud
Retirada de farola o poste	4	ud
Total	96	ud

Se considera un coste de retirada de señal de 3 €/ud y un rendimiento de 30 señales/día, resultando:

$$\text{Coste de ejecución} = (67 + 25) \text{ ud} \cdot 3 \text{ €/ud} = 276 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{92 \text{ ud}}{30 \text{ ud/día}} = 3 \text{ días}$$

En cuanto a la retirada de farola o poste, se considera un coste de 80 €/ud y un rendimiento de 8 ud/día:

$$\text{Coste de ejecución} = 4 \text{ ud} \cdot 80 \text{ €/ud} = 320 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = 1/2 \text{ día}$$

1.1.6. Retirada de barrera de seguridad

Se retiran las barreras de seguridad y todos los elementos que la componen de las zonas que afecten al desarrollo adecuado de las obras. Los elementos retirados se llevan a vertedero, lugar de utilización o centro de conservación indicado.

Es necesario para la ejecución de esta unidad de obra el siguiente equipo:

- Retroexcavadora sobre neumáticos de 12/17 T.
- Camión de tres ejes.

La medición es de 3370 m, considerando un rendimiento de 300 m/día y un coste asociado de 3 €/m, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 3370 \text{ m} \cdot 3 \text{ €/m} = 10.110 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{3370 \text{ m}}{300 \text{ m/día}} = 11 \text{ días}$$

1.1.7. Retirada de lamas de cartel de lamas de acero galvanizado

Consiste en la retirada de las lamas de aquellos carteles que sea necesario como consecuencia de la ejecución de las obras. Se necesita un camión pluma para el izado de las lamas de acero y el transporte a vertedero, lugar de utilización o centro de conservación indicado.

Se retira un total de 5 carteles, ubicados en los siguientes PK:

Cartel	PK	Medición	Ud
C1	2+500	3,301	m ²
C2	3+500	3,301	m ²
C3	5+400	3,063	m ²
C4	5+600	4,134	m ²
C5	5+800	4,813	m ²

La medición total es de 18,612 m², considerando un coste asociado de 30 €/m²:

$$\text{Coste de ejecución} = 18,612 \text{ m}^2 \cdot 30 \text{ €/m}^2 = 10.110 \text{ €}$$

El rendimiento habitual de esta unidad de obra es de 36 m²/día, que disminuye si hay que trasladarse entre tajos. En este caso se considera que se tardará un día en retirarse los 5 carteles.

$$\text{Tiempo de ejecución} = 1 \text{ día}$$

1.2. EXCAVACIONES

1.2.1. Constitución de vertedero y camino de acceso

El proyecto establece que existirá un excedente de unos 48.000 m³ de material que deberá llevarse a vertedero. El vertedero se ubicará en la margen izquierda del PK 3+700, donde existe una torca de grandes dimensiones.



Figura 2. Ortofoto de la ubicación del vertedero en el PK 3+700.



Figura 3. Fotografía de la ubicación del vertedero en el PK 3+700 antes de la obra.



Figura 4. Fotografía de la ubicación del vertedero en el PK 3+700 después de la obra.

A medida que se vaya ejecutando la excavación en roca de la carretera, deberá ejecutarse un camino de acceso al vertedero para lo cual habrá que realizar un desbroce de la zona mediante un bulldozer y colocar una capa de 1 m de pedraplén extraído de la propia excavación de la obra mediante el mismo bulldozer, que se compactará mediante un rodillo compactador en dos tongadas de 50 cm. Sobre ello, se dispondrá una capa de 25 cm de zahorra artificial de cantera que se extenderá mediante motoniveladora y se compactará mediante rodillo.

La maquinaria necesaria para la adecuación del camino al vertedero es:

- Bulldozer de 8/12 T.
- Rodillo compactador de 12 T.
- Motoniveladora de 15/20 T.



Figura 5. Camino de acceso al vertedero.

Cuando el acceso esté constituido, se establece en el anejo geotécnico del proyecto que cuando un relleno (incluido el vertedero) se apoye sobre una torca deberá rellenarse los primeros 2-3 m de la torca con escollera y a continuación una capa de 1 m de material granular de 12/25 mm que haga las funciones de capa filtro del relleno superior.

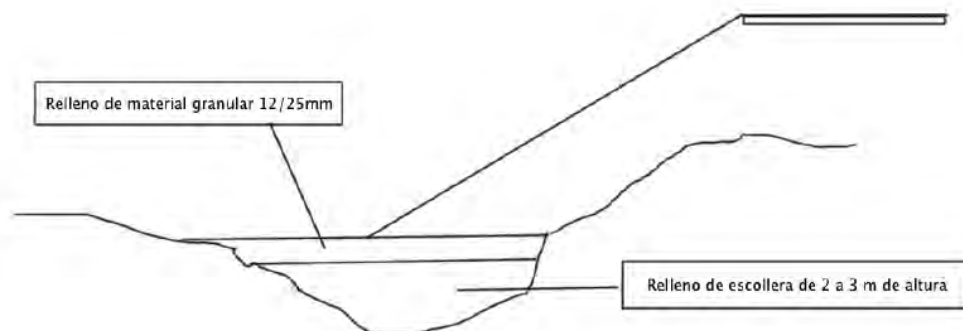


Figura 6. Tratamiento de rellenos sobre torcas.

Para esta labor se dispondrá en primer lugar la capa de escollera mediante una retroexcavadora y a continuación, se dispondrá la capa de relleno de grava 12/25 mm mediante bulldozer. Finalmente, se compactará el material mediante rodillo compactador con la intención de clavar la escollera en el terreno y evitar así asientos posteriores.

Por tanto, para este tajo será necesaria la siguiente maquinaria:

- Retroexcavadora de orugas de 25/30 T.
- Bulldozer de 13/18 T.
- Rodillo compactador de 12 T.

1.2.2. Excavación de la explanación y préstamos. Excavación no clasificada.

El proyecto contempla una única unidad de obra para las excavaciones a realizar, denominándola *Excavación no clasificada*, pudiendo ser el material a excavar tanto roca como suelo.

Para realizar una estimación de los costes de esta unidad de obra en función de la tipología de excavación, se ha partido de las tablas del anejo geotécnico del proyecto, que establecen en ciertos tramos el tipo de material y cómo se debe excavar. A modo de ejemplo, se expone a continuación un ejemplo de estas tablas:

PK	Terreno	Talud	Excavación	Utilización	Observaciones
0+380 a 0+440	Calizas con amplia karstificación. Estratificación paralela, 15° al Este	2(V) : 1 (H)	En un 80% voladuras	Muros de escollera y pedraplenes	Juntas verticales con disolución, que pueden necesitar tratamientos.
0+500 a 0+550	Calizas con amplia karstificación. Estratificación paralela, 15° al Este	2(V) : 1 (H)	En un 80% voladuras	Muros de escollera y pedraplenes	Juntas verticales con disolución, que pueden necesitar tratamientos.
0+700 a 1+140	Terraza del Besaya: gravas arcillosas	1 : 1	100 % excavable	Suelo seleccionado	
1+180 a 1+320	Areniscas y margas totalmente alteradas. Estructura paralela con buzamientos de 70° al Este	1 : 1	100 % excavable	terraplenes	Solo utilizables en tiempo seco.
1+380 a 1+560	Areniscas y margas totalmente alteradas. Estructura paralela con buzamientos de 70° al Este	1 : 1	100 % excavable	terraplenes	Solo utilizables en tiempo seco.

En primer lugar, se ha tramificado la carretera y se han definido 29 zonas de desmonte. En la tabla inferior se definen estas 29 zonas con su punto inicial y final, la utilización que propone el anejo geotécnico y su medición parcial. Las zonas que no se definen en el anejo geotécnico, se considera que son materiales que se pueden excavar con medios convencionales (retroexcavadora con cazo) y que no serán reutilizables, por lo que se conducirán a vertedero.

En las tablas inferiores se utilizará la siguiente leyenda de colores:

	Excavación con retroexcavadora
	Excavación con martillo pica pica
	Excavación con voladura

Desmante	PK Inicial	PK Final	Utilización	Medición (m³)
D1	0,000	0,380	Vertedero	2.953,38
D2	0,380	0,440	Muros escollera y pedraplenes	671,88
D3	0,440	0,500	Vertedero	532,74
D4	0,500	0,550	Muros escollera y pedraplenes	1.352,66
D5	0,550	0,700	Vertedero	627,23
D6	0,700	1,140	Terraplenes	9.887,82
D7	1,140	1,180	Vertedero	153,51
D8	1,180	1,320	Terraplenes	1.330,71
D9	1,320	1,380	Vertedero	389,71
D10	1,380	1,560	Terraplenes	5.845,36
D11	1,560	2,800	Vertedero	6.133,32
D12	2,800	2,940	Terraplenes	2.082,97
D13	2,940	2,960	Vertedero	156,04
D14	2,960	3,060	Muros escollera y pedraplenes	1.904,40
D15	3,060	3,220	Vertedero	1.916,86
D16	3,220	3,340	Muros escollera y pedraplenes	2.168,39
D17	3,340	3,400	Vertedero	387,65
D18	3,400	3,500	Muros escollera y pedraplenes	10.099,28
D19	3,500	3,650	Vertedero	229,42
D20	3,650	3,860		19.487,10

			Muros escollera, pedraplenes y áridos	
D21	3,860	3,900	Vertedero	574,73
D22	3,900	4,100	Muros de escollera y pedraplenes	3.406,46
D23	4,100	4,140	Vertedero	286,53
D24	4,140	4,190	Muros de escollera y pedraplenes	1.084,32
D25	4,190	4,240	Vertedero	366,72
D26	4,240	4,925	Muros de escollera y pedraplenes	16.619,75
D27	4,925	5,040	Vertedero	707,65
D28	5,040	5,520	Muros de escollera y pedraplenes	17.014,52
D29	5,520	5,830	Vertedero	2.461,47
				110.832,58

Posteriormente, se ha hecho una estimación del material de la excavación que se podrá reutilizar tanto en terraplén, pedraplén, zahorra artificial, grava 12/25 o escollera y su punto de reutilización; obteniéndose la siguiente tabla:

		Medición (m³)
TERRAPLÉN		
	Tronco	13.415,620
	SUBTOTAL	13.415,620
PEDRAPLÉN		
	Tronco	31.673,273
	Intersección PK 0+770	1.424,898
	Intersección PK 1+500	1.186,126
	Muro Escollera (4I) 1+355	20,571
	Muro Escollera (2D) 2+700	109,190
	Muro Escollera (7D) 5+200	608,214
	Camino a vertedero	3.000,000
	ODT	603,897
	Colector 400	184,599

	Arquetas	14,300
	Pozos de registro	39,900
	SUBTOTAL	38.864,968
ZAHORRA ARTIFICIAL		
	Tronco	10.500,000
	SUBTOTAL	10.500,000
GRAVA 12/25		
	Relleno 3+520	133,880
	Fondo Vertedero 3+700	1.271,160
	SUBTOTAL	1.405,040
ESCOLLERA		
	Relleno 1+340	155,680
	Relleno 3+520	216,440
	Fondo Vertedero 3+700	979,210
	Muro Escollera (4I) 1+355	24,229
	Muro Escollera (2D) 2+700	253,290
	Muro Escollera (7D) 5+200	2.085,498
	SUBTOTAL	3.714,347
	REUTILIZABLE	67.899,975
	A VERTEDERO	42.932,605
	SUMA EXCAVACIÓN	110.832,580

Una vez definidos los desmontes y el material necesario en cada punto kilométrico, se establece el destino del material excavado en cada uno de los desmontes en función del tipo de material (tierras, roca...) y su medición correspondiente. Con ello se calcula la distancia media de transporte de cada medición y el tiempo de ciclo de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 t_{\text{ciclo camión}} &= t_{\text{carga}} + t_{\text{transporte}} + t_{\text{descarga}} \\
 t_{\text{carga}} &= 4 \text{ min} \\
 t_{\text{transporte}} &= 2 \cdot \frac{\text{distancia}}{\text{velocidad camión}} = 2 \cdot \frac{\text{distancia}}{20 \text{ Km/h}} \\
 t_{\text{descarga}} &= 1 \text{ min}
 \end{aligned}$$

Obtenido el tiempo de ciclo, se calcula el número de camiones necesarios por retroexcavadora de forma que el rendimiento venga impuesto por la retroexcavadora sin que esta nunca pare, siendo el camión el que espera:

$$N_{\text{camiones}} = \frac{t_{\text{ciclo camión}}}{t_{\text{carga}}}$$

Finalmente, se calcula el coste unitario y coste total de cada medición en función del tipo de excavación realizado y la maquinaria empleada:

Excavación con retroexcavadora

La excavación de suelos y rocas blandas o meteorizadas, que no precisen del empleo de explosivos o martillo hidráulico, se hará mediante retroexcavadora que cargará directamente sobre camiones tres ejes.

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie e impedir cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final. Será preferible realizar esta labor en tiempo seco para preservar las características del material que va a emplearse.

Esta unidad de obra comprende las actividades de excavación y transporte a vertedero o punto de reutilización del material excavado y será necesaria la siguiente maquinaria:

- Retroexcavadora sobre orugas de 35/45 T.
- Camión de tres ejes.

Los costes de excavación con retroexcavadora serán los siguientes:

$$\text{Coste unitario excavadora} = \frac{80 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{600 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,33 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario camión} = \frac{60 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{600 \text{ m}^3/\text{día}} = 1 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 1,33 \text{ €/m}^3 + N_{\text{CAMIONES}} \cdot 1 \text{ €/m}^3$$



Ilustración 7. Talud en tierras excavado con retroexcavadora. PK 4+880.

Excavación con retroexcavadora con pica pica

En las zonas de excavación de roca en las que el volumen de roca no sea suficiente para justificar el empleo de voladuras o no se puede hacer empleo de ellas por alguna razón específica (ruidos, elementos que se pudiesen dañar...) se empleará para excavar una retroexcavadora convencional a la que se le sustituye el cazo por un martillo hidráulico. Cuando el martillo hidráulico haya picado una cantidad de roca tal que no permita seguir avanzando, se le cambiará el martillo por un cazo convencional y lo cargará a un camión de tres ejes que lo llevará a vertedero o punto de reutilización.

Por tanto, será necesaria la siguiente maquinaria:

- Retroexcavadora sobre orugas de 35/45 T.
- Martillo hidráulico acoplable a la retroexcavadora.
- Camión de tres ejes.

Considerando un sobrecoste de 70 €/h por el martillo, los costes unitarios de este tipo de excavación serán:

$$\text{Coste unitario pica pica} = \frac{(80 \text{ €/h} + 70 \text{ €/h}) \cdot 10 \text{ h/día}}{150 \text{ m}^3/\text{día}} = 10 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario excavadora} = \frac{80 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{600 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,33 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario camión} = \frac{60 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{600 \text{ m}^3/\text{día}} = 1 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 10 \text{ €/m}^3 + 1,33 \text{ €/m}^3 + N_{\text{CAMIONES}} \cdot 1 \text{ €/m}^3$$

Excavación con voladura

Antes del inicio de la excavación mediante voladuras, se deberá presentar a la Dirección de Obra un *Plan de excavación por voladura* firmado por un técnico competente, en la que se especifiquen las características básicas de la maquinaria, barrenos, explosivos, mano de obra... que se utilizarán para la ejecución.

En primer lugar, se perforarán barrenos mediante un equipo de perforación con una inclinación determinada donde se alojará el explosivo. Deberán tomarse las medidas necesarias para que estos barrenos permanezcan limpios tras su ejecución para que puedan contener la carga prevista. A continuación, se llenarán los barrenos con material explosivo y se detonará. El material volado se recogerá mediante retroexcavadoras que cargarán directamente a camiones de tres ejes que lo conducirán hasta vertedero o el punto de reutilización. Tras la excavación de cada banco parcial del talud, se examinará la superficie resultante para detectar posibles zonas inestables o alterables y en tal caso, deberá sanearse el talud.

En el caso de que el material transportado sea escollera, puede ser necesario sustituir el camión de tres ejes convencional por uno con caja reforzada.

Por tanto, la maquinaria necesaria para este tipo de excavación es:

- Equipo de perforación.

- Retroexcavadora sobre orugas de 35/45 T.
- Camión de tres ejes/de caja reforzada.

El coste unitario de este tipo de excavación será:

$$\text{Coste unitario voladura} = 2,5 \text{ €/ m}^3$$

$$\text{Coste unitario excavadora} = \frac{80 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{600 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,33 \text{ €/ m}^3$$

$$\text{Coste unitario camión} = \frac{60 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{600 \text{ m}^3/\text{día}} = 1 \text{ €/ m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 2,50 \text{ €/ m}^3 + 1,33 \text{ €/ m}^3 + N_{\text{CAMIONES}} \cdot 1 \text{ €/ m}^3$$



Figura 8. Talud en roca excavado con voladura. PK 5+220.

Con todas estas consideraciones se presenta la tabla de costes obtenida:

Desmonte	Medición (m³)	Destino		Distancia (Km)	t _c (min)	Camiones	Coste (€/m³)	Coste (€)
D1	2.953,38	Vertedero 3+700	2.953,38	3,510	15,5	4	5,33	15.741,52
D2	671,88	Pedraplén Intersección 0+770 (1/2)	501,78	0,360	6,1	2	5,83	2.925,37
		Pedraplén PK 0+000 al 0+050	170,10	0,385	6,2	2	5,83	991,69
D3	532,74	Vertedero 3+700	532,74	3,230	14,7	4	5,33	2.839,50
D4	1.352,66	Escollera Muro (4l) 1+355	253,29	0,830	7,5	2	5,83	1.476,68
		Pedraplén Muro (4l) 1+355	20,57	0,830	7,5	2	5,83	119,93
		Escollera Relleno 1+340	155,68	0,815	7,4	2	5,83	907,61
		Pedraplén Intersección 0+770 (2/2)	923,12	0,245	5,7	2	5,83	5.381,78
D5	627,23	Vertedero 3+700	627,23	3,075	14,2	4	5,33	3.343,14
D6	9.887,82	Terraplén PK 0+000 al PK 3+620	9.887,82	0,390	6,2	2	3,33	32.926,44

D7	153,51	Vertedero 3+700	153,51	2,540	12,6	4	5,33	818,21
D8	1.330,71	Vertedero 3+700	1.330,71	2,450	12,4	4	5,33	7.092,68
D9	389,71	Vertedero 3+700	389,71	2,350	12,1	4	5,33	2.077,15
D10	5.845,36	Terraplén 3+620 al 5+320	1.464,28	3,000	14,0	4	5,33	7.804,61
		Vertedero 3+700	4.381,08	2,230	11,7	3	4,33	18.970,08
D11	6.133,32	Vertedero 3+700	6.133,32	1,520	9,6	3	4,33	26.557,28
D12	2.082,97	Terraplén PK 5+320 al PK 5+835	2.082,97	2,708	13,1	4	5,33	11.102,23
D13	156,04	Vertedero 3+700	156,04	0,750	7,3	2	3,33	519,61
D14	1.904,40	Pedraplén Muro (2D) 2+700	109,19	0,310	5,9	2	5,83	636,58
		Pedraplén Intersección 1+500	1.186,13	1,510	9,5	3	6,83	8.101,24
		Pedraplén PK 0+050 al 0+210	609,08	2,880	13,6	4	7,83	4.769,13
D15	1.916,86	Vertedero 3+700	1.916,86	0,560	6,7	2	3,33	6.383,14
D16	2.168,39	Escollera Muro (2D) 2+700	2.085,50	0,580	6,7	2	13,33	27.799,69
		Pedraplén PK 0+210 al 0+240	82,89	3,055	14,2	4	15,33	1.270,73
D17	387,65	Vertedero 3+700	387,65	0,330	6,0	2	3,33	1.290,87
D18	10.099,28	Escollera Relleno 3+520	216,44	0,070	5,2	2	13,33	2.885,15
		Pedraplén PK 0+240 al 2+440	9.882,84	2,110	11,3	3	14,33	141.621,10
D19	229,42	Vertedero 3+700	229,42	0,125	5,4	2	3,33	763,97
D20	19.487,10	Grava Relleno 3+520	133,88			1	4,83	646,64
		Grava Fondo Vertedero 3+700	1.271,16			1	4,83	6.139,70
		Escollera Fondo Vertedero 3+700	979,21	0,055	5,2	2	5,83	5.708,79
		Zahorra Artificial	10.500,00			1	4,83	50.715,00
		Camino Acceso Vertedero 3+700	3.000,00	0,055	5,2	2	5,83	17.490,00
		Pedraplén PK 2+440 al 3+250	3.602,85	0,910	7,7	2	5,83	21.004,62
D21	574,73	Vertedero 3+700	574,73	0,180	5,5	2	3,33	1.913,85
D22	3.406,46	Pedraplén 3+250 al 3+700	2.479,38	0,525	6,6	2	5,83	14.454,80
		Vertedero 3+700	927,08	0,300	5,9	2	5,83	5.404,86
D23	286,53	Vertedero 3+700	286,53	0,420	6,3	2	3,33	954,14
D24	1.084,32	Vertedero 3+700	1.084,32	0,465	6,4	2	5,83	6.321,59
D25	366,72	Vertedero 3+700	366,72	0,515	6,5	2	3,33	1.221,18
D26	16.619,75	Vertedero 3+700	16.619,75	0,882	7,6	2	5,83	96.893,14
D27	707,65	Vertedero 3+700	707,65	1,283	8,8	3	4,33	3.064,12
D28	17.014,52	Escollera Muro (7D) 5+200	24,23	0,080	5,2	2	5,83	141,26
		Pedraplén Muro (7D) 5+200	608,21	0,080	5,2	2	5,83	3.545,89
		Pedraplén PK 3+700 al 5+835	12.235,10	0,512	6,5	2	5,83	71.330,64
		Vertedero 3+700	4.146,98	1,580	9,7	3	6,83	28.323,85
D29	2.461,47	Vertedero 3+700	2.461,47	1,975	10,9	3	4,33	10.658,17
	110.832,58		110.832,58					683.049,35

Cabe destacar los siguientes aspectos:

- Se ha intentado compensar longitudinalmente lo más cerca posible para minimizar las distancias de transporte de material y por tanto el número de camiones necesario y sus costes asociados.

- A grandes rasgos, el primer tramo de la carretera cuenta con el material necesario para la ejecución de terraplenes y el segundo tramo para la ejecución de pedraplenes, escolleras y áridos. Por esta razón, serán necesarios hasta 4 camiones trabajando al mismo tiempo en ciertos desmontes en los que la distancia de transporte es de 2,5-3 Km.
- La ubicación centrada del vertedero en la traza de la carretera (PK 3+700) minimiza la distancia de transporte del excedente a vertedero.
- En la medida de lo posible, se comenzará con el desmonte D20 que proporcionará el material necesario para constituir el camino de acceso al vertedero y el fondo del vertedero (escollera y grava 12/25), acondicionándolo así para comenzar a verter el material excedente.
- Se ha planificado la extracción del material que necesita ser machacado (grava 12/25 y zahorra artificial) en el mismo desmonte (D20), para poder disponer la máquina de machaqueo móvil de áridos en sus inmediaciones y no tener que desmontarla y transportarla entre desmontes.
- El cálculo del transporte del material que servirá como zahorra artificial o grava 12/25 tiene en cuenta únicamente el transporte desde el desmonte D20 hasta la planta móvil de machaqueo. Como ésta se dispone en las inmediaciones de dicho desmonte, la distancia de transporte será mínima y por ello se dispondrá un único camión. El transporte de la zahorra artificial una vez machacada (producto final que sale de la planta móvil de machaqueo) hasta su punto de colocación final en obra se incluye en la unidad *Zahorra artificial fabricada en obra con material de excavación o préstamos* y el transporte de la grava 12/25 ya machacada, en la unidad *Formación de capa de filtro con árido de tamaño 12/25 fabricado en obra*.
- Tras el análisis del material reutilizado, se comprueba que una gran parte del material rocoso se lleva a vertedero. En el Capítulo IV. *Propuesta de Alternativas* del presente documento, se recalculará el movimiento de tierras disponiendo este material rocoso en los rellenos que el proyecto establecía como *Terraplén*, de esta manera se mejorará la capacidad portante del relleno y no se desperdiciará material resistente con mejores propiedades que el suelo que se pretendía disponer.

A modo de resumen, y para la imputación de costes de excavación, se recogen los siguientes datos:

		Medición (m³)	Porcentaje (%)	Coste unitario medio (€/m³)	Coste total (€)
	Retro	37.023,82	33,40	4,21	156.041,90
	Pica pica	12.267,67	11,07	14,15	173.576,67
	Voladura	61.541,09	55,53	5,74	353.430,78
	TOTAL	110.832,58		6,16	683.049,35

Como en el proyecto se define una única unidad de obra de excavación, se divide el coste total entre la medición total para obtener así el coste unitario imputable a todo m³ de excavación, sea cual sea su naturaleza:

$$\text{Coste unitario excavación} = \frac{683.049,35 \text{ €}}{110.832,58 \text{ m}^3} = 6,16 \text{ €/m}^3$$

Para calcular los tiempos de ejecución se ha estimado el tiempo de ejecución de cada uno de los desmontes en función del tipo de excavación, considerando un rendimiento de 600 m³/día para excavación con retroexcavadora o voladura y 150 m³/día para excavación con martillo hidráulico, obteniéndose los siguientes tiempos:

Desmorte	Ejecución	Tiempo (días)
D1	Retro	5,0
D2	Voladura	1,5
D3	Retro	1,0
D4	Voladura	2,5
D5	Retro	1,0
D6	Retro	16,5
D7	Retro	0,5
D8	Retro	2,5
D9	Retro	1,0
D10	Retro	10,0
D11	Retro	10,5
D12	Retro	3,5
D13	Retro	0,5
D14	Voladura	3,5
D15	Retro	3,5
D16	Pica pica	18,5
D17	Retro	1,0
D18	Pica pica	84,5
D19	Retro	0,5
D20	Voladura	32,5
D21	Retro	1,0
D22	Voladura	6,0
D23	Retro	0,5
D24	Voladura	2,0
D25	Retro	1,0
D26	Voladura	28,0
D27	Retro	1,5
D28	Voladura	28,5
D29	Retro	4,5

Agrupando los tiempos de ejecución, se obtienen los siguientes valores para cada método de excavación. Se dispondrán dos equipos trabajando simultáneamente, uno encargado de excavación en tierras y excavación en roca con martillo hidráulico y otro encargado de excavación en roca con voladura.

		Equipo	Medición (m ³)	Tiempo de ejecución (días)	Tiempo total por equipo (días)
	Retro	1	37.023,82	66	169
	Pica pica		12.267,67	103	
	Voladura	2	61.541,09	105	105

1.3. RELLENOS

1.3.1. Formación de terraplén

Consiste en la ejecución de los terraplenes presentes en la explanación de la carretera. Para ello se seguirá el siguiente proceso constructivo:

- Preparación de la superficie de apoyo, mediante el cajado del talud.
- Realización de un ensayo Proctor para calcular la humedad óptima para la compactación del material.
- Extensión del material por medio del bulldozer en tongadas de 30-40 cm.
- En caso de no contar con la humedad óptima, un camión cisterna regará con agua hasta que el material tenga la humedad óptima para su correcta compactación. En coronación del terraplén, la humedad medida no deberá ser inferior a la del ensayo Proctor y en el núcleo y cimentación podrá ser como máximo un 5% menor que la del ensayo. En zonas como las del presente proyecto, no suele ser necesario.
- Compactación del material por medio de un rodillo compactador.

Para la ejecución de los terraplenes será necesaria la siguiente maquinaria:

- Bulldozer de 8/12 T.
- Rodillo compactador de 12 T.
- Camión cisterna de 9 m³.

La totalidad del material utilizado será proveniente de la propia excavación, con una medición de 13.415,62 m³. El rendimiento de ejecución de esta unidad de obra viene impuesto por el bulldozer, capaz de disponer 700 m³/día. Se estiman unos costes horarios de 70 €/h para el bulldozer y 65 €/h para el rodillo.

$$\text{Coste unitario bulldozer} = \frac{70 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{700 \text{ m}^3/\text{día}} = 1 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario rodillo} = \frac{65 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{700 \text{ m}^3/\text{día}} = 0,93 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 1 \text{ €/m}^3 + 0,93 \text{ €/m}^3 = 1,93 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste de ejecución} = 13.415,62 \text{ m}^3 \cdot 1,93 \text{ €/m}^3 = 25.892,15 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{13.415,62 \text{ m}^3}{700 \text{ m}^3/\text{día}} = 20 \text{ días}$$

1.3.2. Formación de pedraplén

El proceso constructivo del pedraplén es análogo al del terraplén a excepción del grosor de la tongada, que en este caso puede ser de entre 60-80 cm. La maquinaria utilizada es la misma que en el terraplén y se asumen los mismos rendimientos, obteniéndose un coste unitario de 1,93 €/m³.

El material también procederá de la propia excavación de la obra y la medición es de 31.673,273 m³, por lo tanto se obtiene:

$$\text{Coste de ejecución} = 31.673,273 \text{ m}^3 \cdot 1,93 \text{ €/m}^3 = 61.129,42 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{31.673,273 \text{ m}^3}{700 \text{ m}^3/\text{día}} = 46 \text{ días}$$

1.3.3. Formación de base de asiento de rellenos mediante escollera

En los PK 1+340, 3+520 y en el vertedero, el relleno proyectado se apoyará sobre una torca. Según se establece en el anejo geotécnico del proyecto, cuando un relleno se apoye sobre una torca deberá rellenarse los primeros 2-3 m de la torca con escollera y a continuación una capa de 1 m de material granular de 12/25 mm que haga las funciones de capa filtro del relleno superior.

La ejecución de esta unidad de obra se realizará mediante una retroexcavadora que irá disponiendo la escollera en el fondo de la torca, necesitándose por lo tanto la siguiente maquinaria:

- Retroexcavadora sobre orugas de 35/45 T.

Las mediciones de esta unidad de obra son:

PK	Medición	Unidad
1+340	155,680	m ³
3+520	216,440	m ³
Vertedero	979,210	m ³
Total	1.351,330	m³

Suponiendo un coste de la retroexcavadora de 80 €/h y un rendimiento de 150 m³/día, resulta:

$$\text{Coste unitario excavadora} = \frac{80 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{150 \text{ m}^3/\text{día}} = 5,33 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste de ejecución} = 1.351,330 \text{ m}^3 \cdot 5,33 \text{ €/m}^3 = 7.202,59 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{1.351,330 \text{ m}^3}{150 \text{ m}^3/\text{día}} = 9 \text{ días}$$

1.3.4. Formación de capa de filtro con árido de tamaño 12/25 fabricado en obra

Sobre la capa de escollera dispuesta en el fondo de las torcas, se extenderá una capa de aproximadamente 1 m de material granular procedente de la excavación de la propia obra y tratado con un tamaño 12/25 por una planta móvil de machaqueo.

El material se cargará en el acopio tras ser machado en la planta móvil de áridos con una pala cargadora y se verterá a camiones bañera (24 T - 11 m³) que lo transportarán hasta el tajo. Una vez ahí, se extenderá mediante un bulldozer en dos tongadas de 50 cm que se compactarán someramente mediante un rodillo compactador, con una sola pasada y sin vibración.

La maquinaria a utilizar será:

- Planta móvil de machaqueo.
- Pala cargadora.
- Camión bañera de 24 T.
- Bulldozer de 13/18 T.

- Rodillo compactador de 12 T.

Las mediciones de esta unidad de obra son:

PK	Medición	Unidad
3+520	133,880	m ³
Vertedero	1.271,160	m ³
Total	1.405,040	m³

El coste del machaqueo de áridos incluido montaje de planta móvil, mano de obra y fabricación de áridos y desmontaje se estima en 2 €/t. Considerando una densidad de 2,1 t/m³, resulta un coste unitario de 4,20 €/m³.

Para el cálculo de la carga y transporte del material desde la planta de áridos hasta el tajo, se calculará la distancia media hasta el tajo, el tiempo de ciclo del camión y el número de camiones necesarios para disponer una cantidad tal que no minore el rendimiento de extensión del bulldozer. Se estima el coste de la pala cargadora en 65 €/h y del camión bañera en otros 80 €/h, y un rendimiento, impuesto por el bulldozer que extenderá en el material en el tajo de 550 m³/h. Aunque el rendimiento de carga podría ser mayor, se ha optado por ir llevando el material al tajo con el mismo rendimiento que se va extendiendo, no acumulando así demasiado material en los alrededores de su punto de colocación.

La distancia media de transporte será:

Origen	Destino	Medición	Unidad	Distancia (m)
Planta áridos 3+755	Torca 3+520	133,880	m ³	235
Planta áridos 3+755	Vertedero 3+700	1.271,160	m ³	55
Distancia media de transporte				72

$$t_{\text{ciclo camión}} = t_{\text{carga}} + t_{\text{transporte}} + t_{\text{descarga}}$$

$$t_{\text{ciclo camión}} = 6 \text{ min} + \left(\frac{0,072 \text{ Km}}{20 \text{ Km/h}} \right) + 1 \text{ min} = 8 \text{ min}$$

$$\text{Rendimiento}_{1 \text{ camión}} = \frac{\text{capacidad caja camión}}{t_{\text{ciclo camión}}} = \frac{11 \text{ m}^3}{8 \text{ min}} = 82,5 \text{ m}^3/\text{h} = 825 \text{ m}^3/\text{día}$$

Como un camión es capaz de transportar 825 m³/día, más del rendimiento de extensión del bulldozer en el tajo (550 m³/día), se dispondrá un único camión para minimizar costes, aunque ello suponga no tener trabajando constantemente a la pala cargadora.

$$\text{Coste unitario pala cargadora} = \frac{65 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{550 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,18 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario camión bañera} = \frac{80 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{550 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,45 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario carga y transporte} = 1,18 \text{ €/m}^3 + 1,45 \text{ €/m}^3 = 2,63 \text{ €/m}^3$$

Suponiendo un coste del bulldozer de 70 €/h, del rodillo de 65 €/h y un rendimiento, impuesto por el bulldozer de 550 m³/día, resulta:

$$\text{Coste unitario machaqueo} = 2 \text{ €/t} \cdot 2,1 \text{ t/m}^3 = 4,20 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario carga y transporte} = 2,63 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario bulldozer} = \frac{70 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{550 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,27 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario rodillo} = \frac{65 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{550 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,18 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 4,20 + 2,63 + 1,27 + 1,18 = 9,28 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste de ejecución} = 1.405,040 \text{ m}^3 \cdot 9,28 \text{ €/m}^3 = 13.038,77 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{1.405,040 \text{ m}^3}{550 \text{ m}^3/\text{día}} = 3 \text{ días}$$

1.4. TERMINACIÓN

1.4.1. Malla de triple torsión en sujeción de taludes

Para contener posibles desprendimientos en taludes, se dispondrá malla hexagonal de alambre de triple torsión del tipo 8x10-16, ancladas en pie de talud y coronación mediante barras y cable de acero de 16 y 12 mm de diámetro respectivamente. La ejecución de esta unidad consiste en las siguientes operaciones:

- Preparación de la superficie del talud a proteger.
- Colocación de los elementos de anclaje en coronación: correa de hormigón empotrada o barras de acero.
- Colocación de la malla, anclándola a coronación.
- Sujeción de la malla al pie del talud, y colocación de elementos de fijación y refuerzo.

La malla se dispondrá en los siguientes taludes:

PK	Talud	Medición	Unidad
1+490 al 1+530	Derecho	261,861	m ²
2+870 al 2+890	Derecho	118,287	m ²
2+990 al 3+030	Derecho	267,676	m ²
3+430 al 3+470	Derecho	315,537	m ²
3+740 al 3+830	Derecho	1.013,583	m ²
5+080 al 5+160	Derecho	477,150	m ²
5+220 al 5+280	Derecho	706,075	m ²
5+340 al 5+400	Derecho	352,119	m ²
3+260 al 3+320	Izquierdo	359,663	m ²
3+420 al 3+480	Izquierdo	813,869	m ²
3+740 al 3+800	Izquierdo	463,810	m ²
4+300 al 4+320	Izquierdo	120,675	m ²
4+560 al 4+600	Izquierdo	235,265	m ²
5+240 al 5+260	Izquierdo	91,612	m ²
Total		5.597,182	m ²

Para todas las actividades que contempla esta unidad de obra se estima un coste de 5 €/m² y un rendimiento de 500 m²/día.

$$\text{Coste de ejecución} = 5.597,182 \text{ m}^2 \cdot 5 \text{ €/m}^2 = 27.985,91 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{5.597,182 \text{ m}^2}{500 \text{ m}^2/\text{día}} = 12 \text{ días}$$



Figura 9. Malla talud en talud en roca. PK 3+750.

2. CAPÍTULO II: DRENAJE

El sistema de drenaje proyectado para la carretera está compuesto por los siguientes elementos de drenaje longitudinal:

- Cunetas de pie de desmonte, que recogen el agua superficial que escurre por el talud de desmonte y por la calzada cuando esta le es tributaria.
- Colectores de PVC de $\phi 400$ mm, que recogen el agua de las cunetas cuando estas agotan su capacidad hidráulica y del tubo dren, y la conducen hasta una ODT o lugar en el que puedan verter.
- Zanja drenante con tubo dren, que recoge el agua que se filtra a través de la plataforma de la carretera.
- Arquetas, que vierten el agua desde las cunetas hacia los colectores.

Y por los siguientes elementos de drenaje transversal:

- Caños transversales de hormigón de diámetros $\phi 1000-1200$ mm, que permiten la continuidad de las aguas que fluyen a través de las cuencas que corta el trazado de la carretera.
- Pozos de registro que vierten el agua hacia una ODT en zonas de desmonte.
- Tubo de PVC de $\phi 400$ mm en sección reforzada de hormigón, que conduce el agua desde un colector situado en zona de desmonte, cruza plataforma de la carretera y vierte el agua en el lado de terraplén.

Tras la ejecución del movimiento de tierras y antes del comienzo de los firmes, es el momento para ejecutar el drenaje profundo de la carretera compuesto por: colectores, zanjas drenantes, arquetas, pozos de registro y obras de drenaje transversal. Es importante realizar el drenaje profundo cuanto antes para evitar así posibles incidentes que pudiese provocar la excesiva cantidad de agua sobre la plataforma de la carretera.

El drenaje superficial, compuesto por las cunetas de pie de desmonte, trasdosado y pasos salvacunetas, se ejecutará tras la construcción de la capa de rodadura del firme, garantizando así el perfecto encaje entre la arista de la cuneta y la capa de rodadura, para que no se produzcan acumulaciones de agua en su punto de encuentro por posibles fallos de precisión en la ejecución.

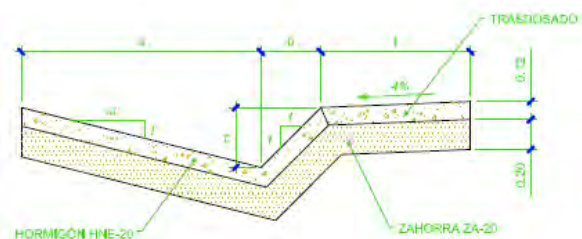
A continuación, se tratará cada una de las unidades de obra de drenaje, describiendo su proceso constructivo y calculando el coste y tiempo de ejecución en función del rendimiento.

Para el cálculo de los costes asociados a estas unidades de obra, se ha partido de la Justificación de Precios del Proyecto y se han imputado los costes de obra asociados a cada elemento que compone la unidad, a excepción de las *unidades Tímpano, aletas y solera de hormigón para caño de 1000 mm* y *Tímpano, aletas y solera de hormigón para caño de 1200 mm* que no están descompuestas en la Justificación de Precios en las que se ha realizado la medición de acero, hormigón y encofrado necesario para su ejecución a partir de los planos y se han imputado los costes estimados.

2.1. CUNETAS

2.1.1. Cuneta de hormigón VA-75

Para la cuneta de pie de desmonte se ha adoptado una cuneta con sección triangular asimétrica revestida de hormigón, de 0,75 m de anchura y con taludes 4H/1V en el lado de la calzada y 1H/1V en el lado del desmonte.



CUNETA TRIANGULAR ASIMÉTRICA				
	a	b	c	i
VA-75	0,60	0,15	0,15	0,25
VA-100	0,80	0,20	0,20	0,375
VA-125	1,00	0,25	0,25	0,50

Figura 10. Sección tipo de cuneta de hormigón VA-75.

El procedimiento constructivo para esta unidad de obra es el siguiente:

- Tras finalizar la ejecución de la capa de rodadura del firme, se procederá al corte vertical del aglomerado mediante un disco de corte para recibir la cuneta lateralmente.
- Mediante una motoniveladora se realiza el surco en V de las dimensiones requeridas y se dispondrá una capa de 20 cm de zahorra artificial procedente de cantera.
- Una vez finalizada esta capa, una máquina extendedora (cunetadora) dispondrá por encima de la zahorra una capa de 12 cm de hormigón HNE-20.

En caso de que la medición de cuneta no sea tal que justifique el uso de cunetadora, el hormigón se dispondrá manualmente por bataches de unos 2 m de largo, mediante el uso de una camilla que sirve de encofrado. Una vez ejecutados los bataches alternativos, se dispone el hormigón en el batache central que queda entre dos ya ejecutados, sirviendo estos de encofrado lateral.

En el caso del proyecto, la medición es de 5.960 m, lo que justifica el empleo de cunetadora. Esta ejecución tiene un rendimiento de 300 m/día, seis veces mayor al de la ejecución manual.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0050	h	Capataz	25,00	0,13
0,0567	h	Oficial 1ª	22,00	1,25
0,1134	h	Peón especialista	18,00	2,04
0,0400	h	Peón señalista	18,00	0,72
0,3500	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	2,45
0,3200	t	Zahorra artificial cantera	6,50	2,08
0,0050	h	Motoniveladora	85,00	0,43
0,1200	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	7,69
0,0167	h	Extendedora de hormigón autopropulsada	150,00	2,51
				19,28

Por lo tanto, ello supone:

$$\text{Coste de ejecución} = 5.960 \text{ m} \cdot 19,28 \text{ €/m} = 114.920,72 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{5.960 \text{ m}}{300 \text{ m/día}} = 20 \text{ días}$$



Figura 11. Cuneta VA-75 de pie de desmonte.

2.1.2. *Trasdosado de cuneta*

El trasdosado de cuneta es el elemento que se dispone entre el pie de desmonte y la cuneta y tiene la misma sección tipo que esta, 20 cm de zahorra y 12 cm de hormigón HNE-20. Tiene una anchura de 25 cm y se le da una pendiente del 4% hacia la cuneta para que desagüe en ella.

El procedimiento constructivo es el siguiente:

- Disposición de una capa de 20 cm de zahorra artificial.
- Compactación mediante rodillo vibratorio manual.
- Disposición de una capa de 12 cm de hormigón.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0040	h	Capataz	25,00	0,10
0,0200	h	Oficial 1ª	22,00	0,44
0,0400	h	Peón especialista	18,00	0,72
0,0400	h	Peón señalista	18,00	0,72
0,2500	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	1,75
0,1500	t	Zahorra artificial cantera	6,50	0,98
0,0200	h	Rodillo vibratorio de 0,80 m	22,00	0,44
0,1000	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	6,41
				11,55

Por lo tanto, con una medición de 1.490 m^2 y un rendimiento de ejecución de $50 \text{ m}^2/\text{día}$, supone:

$$\text{Coste de ejecución} = 1.490 \text{ m}^2 \cdot 11,55 \text{ €/m}^2 = 17.212,48 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{1.490 \text{ m}^2}{50 \text{ m}^2/\text{día}} = 30 \text{ días}$$

2.1.3. Paso salvacunetas vadeable

En los accesos a fincas en los que haya que salvar una cuneta de desmonte se dispondrá, por norma general, un paso salvacunetas vadeable. Este paso consiste en un ensanchamiento de la sección para disminuir la pendiente de la cuneta, permitiendo así el paso de vehículos sobre ella. En este elemento, la cuneta se reforzará mediante un mallazo $\phi 8 \times 15 \times 15$ y se utilizará un hormigón HA-25, en lugar del HNE-20 empleado en la sección de cuneta normal.

En la siguiente figura se muestra la planta de la transición desde una sección de cuneta normal hacia un paso salvacunetas vadeable: las pendientes de la cuneta disminuyen, aumentando así el ancho en planta y el trasdosado mantiene su ancho de 25 cm.

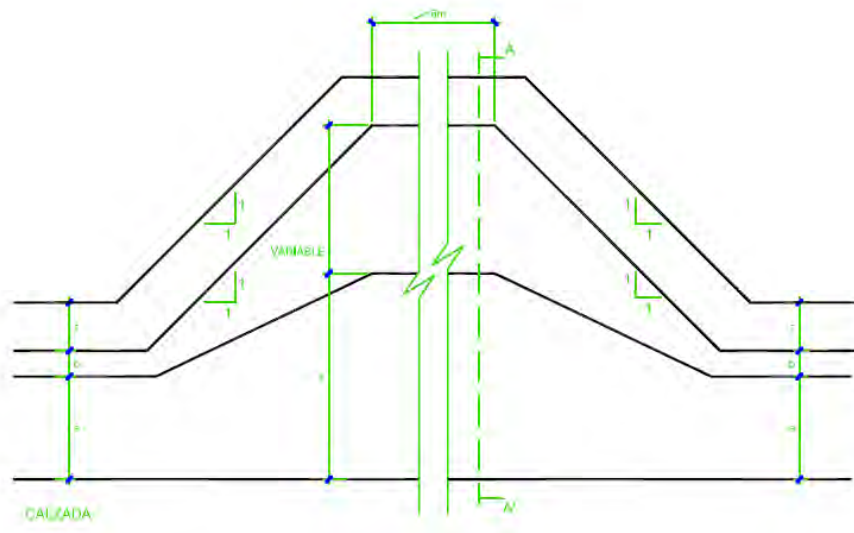


Figura 12. Planta de transición de cuneta a paso salvacunetas vadeable.

En la siguiente figura se presenta la sección tipo del paso salvacunetas vadeable, con un aumento de la pendiente hasta 8H/1V en el lado carretera y variable en el lado desmonte:

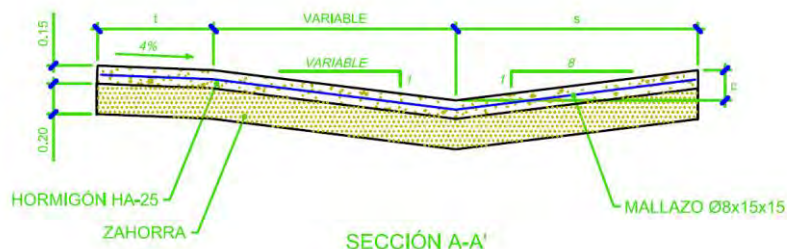


Figura 13. Sección tipo paso salvacunetas vadeable.

El procedimiento constructivo de esta unidad de obra es el siguiente:

- Excavación mecánica en zanja de las dimensiones requeridas mediante pala mixta.
- Disposición de una capa de 20 cm de zahorra artificial mediante pala mixta.
- Compactación mediante rodillo vibratorio manual.
- Colocación del mallazo y de una tapa de encofrado en el lado de la finca a la que se da acceso.
- Disposición de una capa de 15 cm de hormigón.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0140	h	Capataz	25,00	0,35
0,0650	h	Oficial 1ª	22,00	1,43
0,1400	h	Peón especialista	18,00	2,52
0,0650	h	Peón señalista	18,00	1,17
0,1500	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	1,05
0,2500	m2	Encofrado recto	20,00	5,00
0,4400	t	Zahorra artificial cantera	6,50	2,86
0,0200	h	Rodillo vibratorio de 0,80 m	22,00	0,44
0,1500	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	9,61
5,5200	Kg	Acero B-500-T	0,85	4,69
				29,12

La medición de esta unidad de obra es de 1.120 m² (40 pasos de 7 m de largo y 4 m de ancho) y estimando un rendimiento de ejecución de 8 pasos/semana, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 1.120 \text{ m}^2 \cdot 29,12 \text{ €/m}^2 = 32.617,20 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{40 \text{ ud}}{8 \text{ ud/semana}} = 25 \text{ días}$$



Figura 14. Paso salvacunetas vadeable.

2.1.4. Paso salvacunetas con rejilla electrosoldada

En los accesos a fincas en los que haya que salvar la cuneta de pie de desmonte y, por falta de espacio no se pueda disponer un paso salvacunetas vadeable, se dispondrá un paso salvacunetas con rejilla electrosoldada.

En la siguiente figura se muestra la transición desde cuneta convencional (sección A) hacia paso con rejilla electrosoldada (sección B):

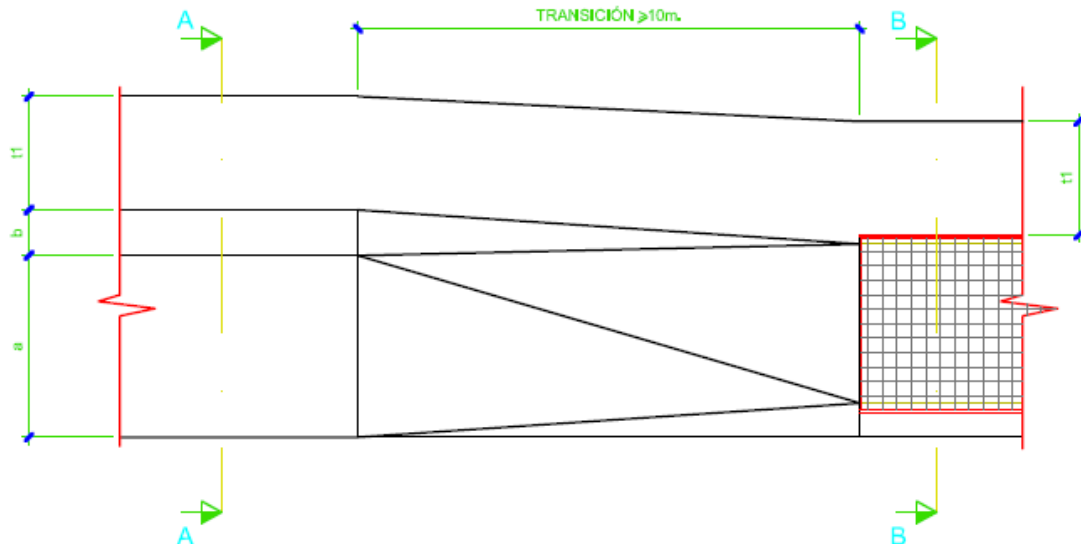


Figura 15. Esquema en planta transición cuneta a paso salvacunetas con rejilla electrosoldada.

En la figura inferior se muestra la sección tipo del paso con rejilla, en el cual se pasa de una sección triangular de la cuneta a sección rectangular, que además estará armada con un mallazo $\phi 8 \times 15 \times 15$ y en la que se sustituirá el hormigón HNE-20 por un hormigón HA-25. La anchura de la rejilla será de 58 cm para la cuneta VA-75:



Figura 16. Sección paso salvacunetas con rejilla electrosoldada.

El procedimiento constructivo de esta unidad de obra es el siguiente:

- Excavación mecánica en zanja de las dimensiones requeridas mediante pala mixta.
- Disposición de una capa de 10 cm de zahorra artificial mediante pala mixta.
- Compactación mediante rodillo vibratorio manual.

- Ejecución de la solera del paso salvacunetas: colocación del mallazo y hormigonado con HA-25.
- Ejecución de los alzados del paso salvacunetas: colocación del mallazo, encofrado de las caras interiores y hormigonado con HA-25.
- Colocación de la rejilla electrosoldada de acero galvanizado.
- Ejecución del trasdosado.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,1000	h	Capataz	25,00	2,50
0,2000	h	Oficial 1ª	22,00	4,40
0,4000	h	Peón especialista	18,00	7,20
0,2000	h	Peón señalista	18,00	3,60
0,4000	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	2,80
0,8000	m2	Encofrado recto	20,00	16,00
0,3520	t	Zahorra artificial cantera	6,50	2,29
0,0200	h	Rodillo vibratorio de 0,80 m	22,00	0,44
0,1650	m3	Hormigón HA-25/B/20/Ila	68,00	11,22
5,5300	Kg	Acero B-500-T	0,85	4,70
1,0000	m	Rejilla electrosoldada	50,00	50,00
				105,15

La medición de esta unidad de obra es de 140 m (20 pasos de 7 m de largo), estimando un rendimiento de ejecución de 4 pasos/semana resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 140 \text{ m} \cdot 105,15 \text{ €/m} = 14.720,79 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{20 \text{ ud}}{4 \text{ ud/semana}} = 25 \text{ días}$$



Figura 17. Paso salvacunetas con rejilla electrosoldada.

2.2. TUBOS, ARQUETAS Y SUMIDEROS

2.2.1. Tubo de PVC corrugado de diámetro nominal 400 mm en sección normal

El colector es un elemento que permite recoger el agua de las cunetas y tubos dren cuando estos se llenan, a través de las arquetas.

Se dispondrá un colector de PVC de $\phi 400$ mm en la siguiente sección tipo:

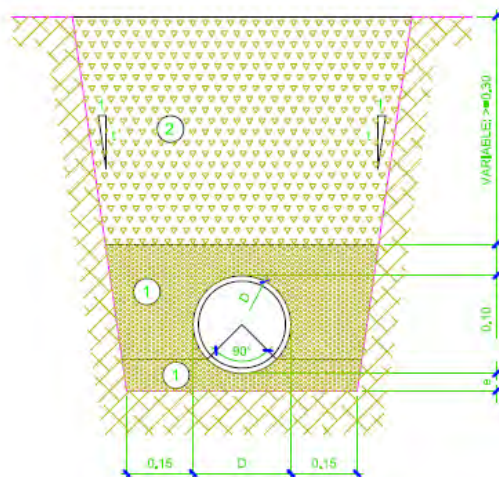


Figura 18. Sección tipo de colector.

El procedimiento constructivo para la ejecución de la unidad de obra es el siguiente:

- Excavación de una zanja de las dimensiones requeridas con pala mixta.
- Extensión de una capa de 8 cm de arena 0/6 mm mediante la pala mixta.
- Colocación del colector de PVC de $\phi 400$ mm.
- Relleno con arena 0/6 mm hasta una cota 10 cm superior al punto más alto del colector mediante pala mixta y compactación mediante rana compactadora.
- Relleno con material seleccionado procedente de la propia excavación mediante la pala mixta.

En caso de coexistencia de colector y tubo dren en el mismo punto, el proceso constructivo será algo diferente, este caso se abordará en la unidad de obra *Zanja drenante con dren profundo*.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0013	h	Capataz	25,00	0,03
0,0063	h	Oficial 1ª	22,00	0,14
0,0125	h	Peón especialista	18,00	0,23
0,0125	h	Peón señalista	18,00	0,23
0,9500	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	6,65
0,4770	m3	Rellenos con productos de excavación	1,50	0,72
0,6000	t	Arena 0/6 mm	8,00	4,80
1,0000	m	Tubo PVC 400 mm	35,00	35,00
0,1000	h	Pala mixta	45,00	4,50

0,0100 h Rana compactadora

2,77

0,03

52,31

La medición de esta unidad de obra es de 387 m, considerando un rendimiento de 30 m/día, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 387 \text{ m} \cdot 52,31 \text{ €/m} = 20.245,63 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{387 \text{ m}}{30 \text{ m/día}} = 13 \text{ días}$$

2.2.2. Tubo de hormigón armado de la clase II ASTM de diámetro nominal 1000 mm

Para dar continuidad a los arroyos y cuencas hidrográficas cortados por la plataforma de la carretera, se disponen obras de drenaje transversal compuestas por un tubo prefabricado de hormigón armado y por las correspondientes boquillas de entrada y salida, si corresponden. La entrada a una ODT en terraplén se realizará por medio de una boquilla y en desmonte a través de un pozo de registro. La salida de una ODT será a través de una boquilla en el caso habitual de que vierta a terraplén, pudiendo quedar exenta si vierte a cota del terreno.

Según establece el proyecto, el diámetro mínimo será de 1000 mm en sustitución de obras existentes y de 1200 mm en obra nueva, para evitar obstrucciones.

En la siguiente figura se detalla la sección tipo empleada para el drenaje transversal:

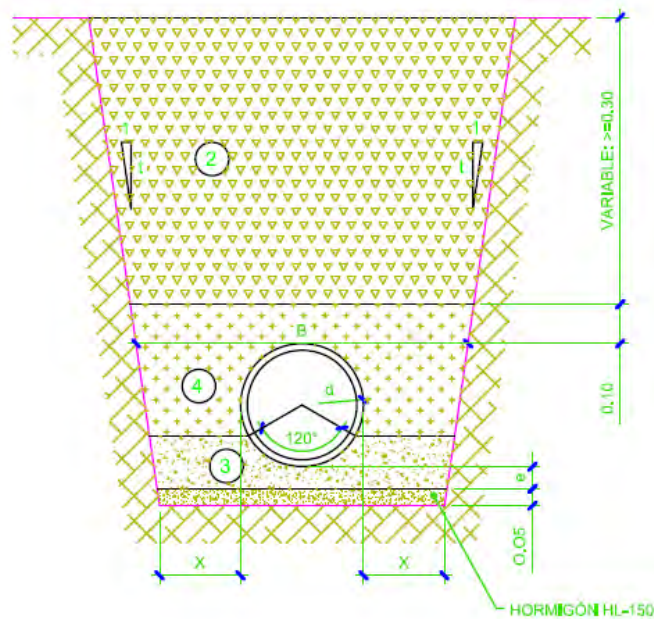


Figura 19. Sección tipo tubo hormigón para ODT.

El procedimiento constructivo para la ejecución de esta unidad de obra es el siguiente:

- Excavación en zanja de las dimensiones requeridas mediante retroexcavadora.
- Colocación de una solera de 5 cm de hormigón de limpieza HL-150.
- Colocación del tubo prefabricado de hormigón armado de la dimensión correspondiente mediante una grúa telescópica de 20 T.

- Hormigonado con HNE-20 de la base del tubo prefabricado.
- Relleno con zahorra artificial hasta una cota 10 cm por encima de la cota superior del tubo mediante pala mixta y compactación con rana compactadora.
- Relleno del resto de la zanja con productos procedentes de excavación mediante pala mixta.

La medición de esta unidad de obra es de 267,5 m, empleados en los siguientes puntos:

PK	ODT	Medición	Unidad
0+140	OD.1	10,0	m
0+999	OD.2	10,0	m
1+250	OD.3	12,5	m
1+340	OD.4	12,5	m
1+785	OD.6	10,0	m
2+222	OD.7	15,0	m
2+355	OD.8	15,0	m
2+745	OD.9	10,0	m
2+813	OD.10	12,5	m
2+928	OD.11	10,0	m
3+090	OD.12	10,0	m
3+185	OD.13	10,0	m
3+405	OD.14	10,0	m
3+510	OD.15	12,5	m
3+950	OD.16	10,0	m
4+030	OD.17	12,5	m
4+220	OD.20	12,5	m
4+345	OD.21	10,0	m
4+720	OD*	12,5	m
4+765	OD.23	10,0	m
5+024	OD.24	10,0	m
5+385	OD.26	10,0	m
5+660	OD.28	10,0	m
5+820	OD.29	10,0	m
Total	24	267,5	m

Existe un error en la medición de esta unidad de obra, en la que se incluye una OD en el PK 4+720 inexistente. Para el estudio económico se mantendrán las mediciones de proyecto, pero en el *Apartado IV. Propuesta de Alternativas* del presente documento se corregirá con la medición real a ejecutar, que serán 255 m en un total de 23 obras de drenaje transversal.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0700	h	Capataz	25,00	1,75
0,3500	h	Oficial 1ª	22,00	7,70

0,7000 h	Peón especialista	18,00	12,60
0,7000 h	Peón señalista	18,00	12,60
2,8000 m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	19,60
0,9500 m3	Relleno con productos de excavación	1,50	1,43
0,0650 m3	Hormigón HL-150/B/20	58,34	3,79
0,3300 m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	21,14
1,0000 m	Tubo hormigón 1000 mm	100,00	100,00
1,6900 t	Zahorra artificial cantera	6,50	10,99
0,1000 h	Grúa telescópica	40,00	4,00
0,0200 h	Retroexcavadora	80,00	1,60
0,0250 h	Rana compactadora	2,77	0,07
			197,26

El rendimiento de ejecución de esta unidad de obra vendrá condicionado por la posibilidad o no de cortar totalmente el tráfico en la carretera. En ese caso, se podría ejecutar una obra de drenaje al día. En caso de que haya que permitir el paso de vehículos por al menos uno de los dos carriles de circulación el rendimiento se reducirá a la mitad, realizándose media ODT al día.

Con la medición total de 267,5 m y considerando un tiempo de colocación de 2 días por ODT ya que no se podrá cortar totalmente la circulación, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 267,5 \text{ m} \cdot 197,26 \text{ €/m} = 52.768,24 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{24 \text{ ud}}{0,5 \text{ ud/día}} = 48 \text{ días}$$



Figura 20. ODT 1000 mm.

2.2.3. Tubo de hormigón armado de la clase II ASTM de diámetro nominal 1200 mm

Esta unidad de obra es análoga a la anterior, a excepción de los costes de ejecución que, por ser un tubo mayor, serán también mayores.

La medición de esta unidad de obra es de 62,5 m, empleados en los siguientes puntos:

PK	ODT	Medición	Unidad
1+463	OD.5	10,0	m
4+135	OD.18	10,0	m
4+175	OD.19	10,0	m
4+530	OD.22	10,0	m
5+205	OD.25	12,5	m
5+585	OD.27	10,0	m
Total	6	62,5	m

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0700	h	Capataz	25,00	1,75
0,3500	h	Oficial 1ª	22,00	7,70
0,7000	h	Peón especialista	18,00	12,60
0,7000	h	Peón señalista	18,00	12,60
4,0000	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	28,00
1,5000	m3	Relleno con productos de excavación	1,50	2,25
0,0750	m3	Hormigón HL-150/B/20	58,34	4,38
0,4200	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	26,91
1,0000	m	Tubo hormigón 1200 mm	140,00	140,00
2,2120	t	Zahorra artificial cantera	6,50	14,38
0,1000	h	Grúa telescópica	40,00	4,00
0,0200	h	Retroexcavadora	80,00	1,60
0,0250	h	Rana compactadora	2,77	0,07
				256,23

Con la medición total de 62,5 m y considerando un tiempo de colocación de 2 días por ODT de manera análoga a la unidad de obra anterior, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 62,5 \text{ m} \cdot 256,23 \text{ €/m} = 16.014,51 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{6 \text{ ud}}{0,5 \text{ ud/día}} = 12 \text{ días}$$

2.2.4. Pozo de registro de hormigón con rejilla

Las entradas a obras de drenaje transversal desde una zona de desmonte se resolverán mediante un pozo de registro.

En la figura inferior se muestra la sección de esta unidad de obra:

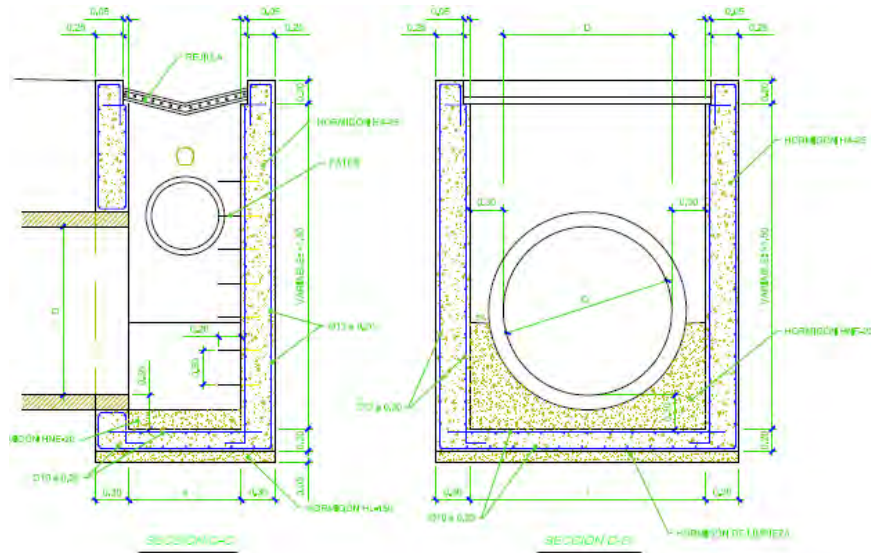


Figura 21. Sección tipo pozo para caño.

El procedimiento constructivo para esta unidad de obra es el siguiente:

- Excavación en zanja de las dimensiones requeridas mediante una pala mixta.
- Colocación de una solera de 5 cm de hormigón de limpieza HL-150.
- Ejecución de la solera del pozo: colocación de la ferralla y hormigonado con HA-25.
- Ejecución de los alzados: colocación de la ferralla y los pates de polipropileno que quedarán parcialmente embebidos en el hormigón, colocación del encofrado interior, hormigonado con HA-25 y vibrado.
- Colocación del tubo de hormigón armado de la ODT.
- Vertido de una base de apoyo de hormigón HNE-20 sobre la que reposará el tubo de hormigón.
- Colocación de la rejilla superior.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0600	h	Capataz	25,00	1,50
0,6000	h	Oficial 1ª	22,00	13,20
0,0200	h	Peón ordinario	18,00	0,36
9,8000	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	68,60
2,1000	m3	Relleno con productos de excavación	1,50	3,15
34,0000	m2	Encofrado recto	20,00	680,00
222,0000	Kg	Acero B 500 S	0,85	188,70
0,6000	h	Vibrador de hormigón	3,15	1,89

5,1000	m3	Hormigón HA-25/B/20/Ila	68,00	346,80
0,2800	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	17,94
0,0700	m3	Hormigón HL-150/B/20	58,34	4,08
7,0000	ud	Pate de polipropileno	7,00	49,00
1,0000	ud	Marco y tapa	100,00	100,00
				1475,22

Se dispondrán un total de 19 pozos de registro, suponiendo un rendimiento de ejecución de 3 ud/semana, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 19 \text{ ud} \cdot 1.475,22 \text{ €/ud} = 28.029,24 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{19 \text{ ud}}{3 \text{ ud/semana}} = 32 \text{ días}$$



Figura 22. Pozo de registro.

2.2.5. Arqueta de hormigón para desagüe de cuneta

Se dispondrán arquetas para verter el agua de cunetas y tubos dren hacia el colector.

En la figura inferior se recoge un esquema de la sección tipo de este elemento:

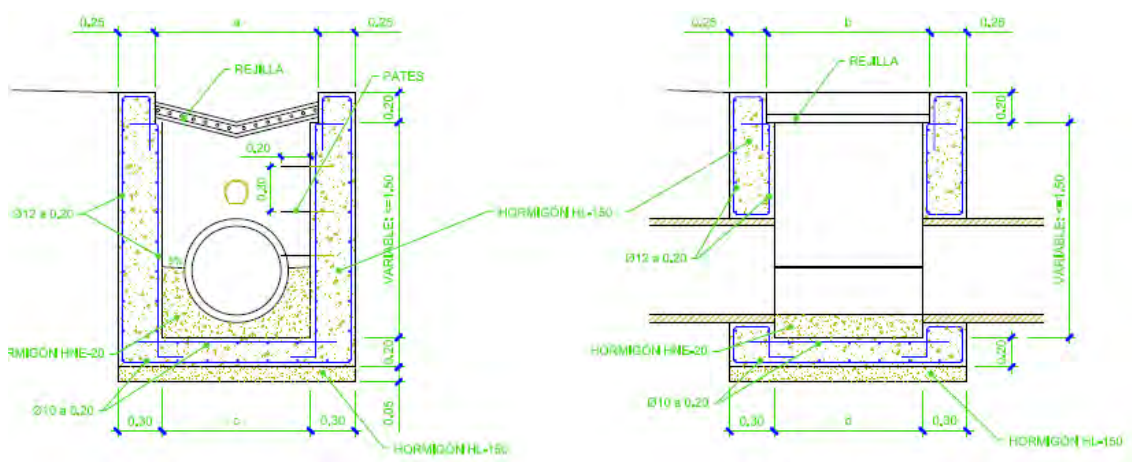


Figura 23. Sección de arqueta para desagüe de cuneta.

El procedimiento constructivo para esta unidad de obra es similar al del pozo de registro, y es el siguiente:

- Excavación en zanja de las dimensiones requeridas mediante una pala mixta.
- Colocación de una solera de 5 cm de hormigón de limpieza HL-150.
- Ejecución de la solera de la arqueta: colocación de la ferralla y hormigonado con HA-25.
- Ejecución de los alzados: colocación de la ferralla y los pates de polipropileno que quedarán parcialmente embebidos en el hormigón, colocación del encofrado interior, hormigonado con HA-25 y vibrado.
- Colocación del colector de PVC de $\phi 400$ mm que verterá a la arqueta.
- Vertido de una base de apoyo de hormigón HNE-20 sobre la que reposará el colector.
- Colocación de la rejilla superior.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0500	h	Capataz	25,00	1,25
0,5000	h	Oficial 1ª	22,00	11,00
0,5000	h	Peón ordinario	18,00	9,00
5,8700	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	41,09
1,1000	m3	Relleno con productos de excavación	1,50	1,65
11,2000	m2	Encofrado recto	20,00	224,00
100,0000	Kg	Acero B 500 S	0,85	85,00
0,5000	h	Vibrador de hormigón	3,15	1,58
2,5000	m3	Hormigón HA-25/B/20/IIa	68,00	170,00
0,2100	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	13,45
0,1300	m3	Hormigón HL-150/B/20	58,34	7,58

3,0000 ud	Pate de polipropileno	7,00	21,00
1,0000 ud	Marco y rejilla reforzada	100,00	100,00
			686,60

Se dispondrán un total de 13 arquetas, suponiendo un rendimiento de ejecución de 3 ud/semana, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 13 \text{ ud} \cdot 686,60 \text{ €/ud} = 8.925,85 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{13 \text{ ud}}{3 \text{ ud/semana}} = 22 \text{ días}$$

2.2.6. Tubo de PVC corrugado de diámetro nominal 400 mm en sección reforzada

En el PK 5+500 hay que dar salida a un colector que acaba en una sección a media ladera en el lado de desmonte. Para ello, se conducirá el agua transversalmente mediante un tubo de PVC $\phi 400$ mm en sección reforzada hasta la zona de terraplén donde se verterá.

La sección tipo de este elemento es la siguiente:

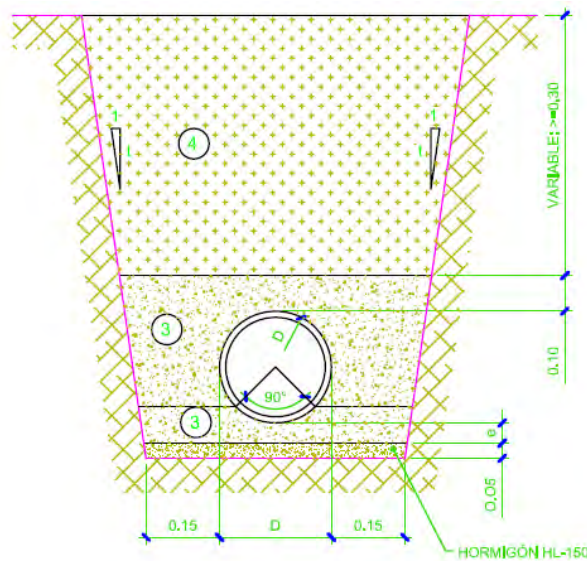


Figura 24. Sección tipo colector en sección reforzada.

El procedimiento constructivo para la ejecución de este tubo transversal es el siguiente:

- Excavación de una zanja de las dimensiones requeridas con pala mixta.
- Ejecución de una solera de 5 cm de hormigón de limpieza HL-150.
- Colocación de una capa de HNE-20 sobre la que se dispondrá el tubo de PVC.
- Relleno con hormigón HNE-20 hasta una cota 10 cm superior al punto más alto del tubo de PVC.
- Relleno del resto de la zanja con zahorra artificial extendida mediante una pala mixta y compactada mediante rana compactadora.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0020	h	Capataz	25,00	0,05
0,0100	h	Oficial 1ª	22,00	0,22
0,0200	h	Peón especialista	18,00	0,36
0,0200	h	Peón señalista	18,00	0,36
1,1000	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	7,70
0,0350	m3	Hormigón HL-150/B/20	58,34	2,04
0,3680	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	23,58
1,0000	m	Tubo PVC 400 mm	35,00	35,00
0,9600	t	Zahorra artificial cantera	6,50	6,24
0,1000	h	Pala mixta	45,00	4,50
0,0100	h	Rana compactadora	2,77	0,03
				80,08

La medición de esta unidad de obra es de 10 m y el tiempo de ejecución será de 2 días, ya que no se podrá cortar el tráfico y deberá realizarse el tramo correspondiente a un carril un día y el tramo correspondiente al otro carril al día siguiente.

$$\text{Coste de ejecución} = 10 \text{ m} \cdot 80,08 \text{ €/m} = 800,77 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = 2 \text{ días}$$

En el *Apartado IV. Propuesta de Alternativas* del presente documento, se propondrá la sustitución de este tubo de PVC de $\phi 400$ mm en sección reforzada por un tubo prefabricado de hormigón armado de $\phi 1000$ mm, que permita ser visitable en caso de ser necesario.

2.2.7. **Tímpano, aletas y solera de hormigón para caño de 1000 mm**

Cuando sea necesario, se dispondrá a la entrada o salida de caño una boquilla compuesta por una solera, un tímpano y dos aletas laterales, para evitar la erosión que el agua podría producir en el terraplén.

Para estimar los costes de esta unidad de obra no se ha podido hacer uso de la Justificación de Precios del Proyecto, ya que venía sin descomponer. Por ello, se ha estimado, a partir de los planos del Proyecto, la medición de acero corrugado, hormigón y encofrado necesario para realizar una unidad de boquilla.

En la figura inferior se recoge el plano de detalle de boquilla para caño transversal:

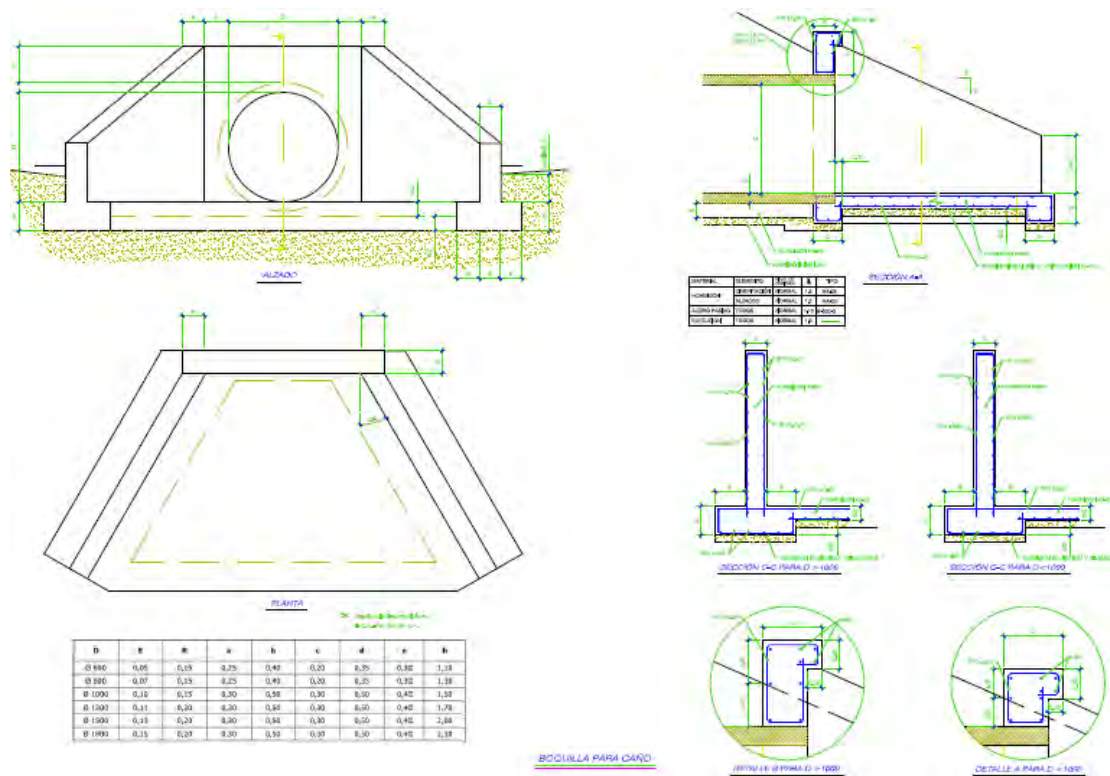


Figura 25. Planos de detalle de boquilla para caño.

Se ha dibujado la sección correspondiente en Autocad con las dimensiones indicadas en la tabla del plano de detalle. Al no venir definido en los planos, se ha tomado un ángulo de la aleta con el eje de la obra de fábrica (α) de 45° y una altura mínima de la aleta de 50 cm. A partir de ello, se ha calculado las mediciones de material, resultando los siguientes valores:

ODT $\phi 1000$

HORMIGÓN HA-25				
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
Solera	8,567		0,500	4,284
a deducir	-1,688		0,250	-0,422
Tímpano				0,820
Aletas	1,800	0,300	1,050	0,567
			TOTAL	5,249

ENCOFRADO					
		Tipo	Largo (m)	Alto (m)	Área (m2)
Solera					
	Frontal	Oculto	3,402	0,500	1,701
	Trasdós	Oculto	3,014	0,500	1,507
	Derecha	Oculto	1,574	0,500	0,787
	Izquierda	Oculto	1,574	0,500	0,787
	Tape D	Oculto	1,300	0,500	0,650
	Tape I	Oculto	1,300	0,500	0,650

Tímpano					
	Frontal	Visto			1,376
	Trasdós	Oculto			2,735
	Derecha	Oculto	0,300	1,600	0,480
	Izquierda	Oculto	0,300	1,600	0,480
Aletas					
	Tape	Visto	0,300	0,500	0,300
	Interior	Oculto	1,650	1,050	3,465
	Exterior	Visto	1,950	1,050	4,095
TOTAL Oculto					13,242
TOTAL Visto					5,771

FERRALLA					
		Ud	Largo (m)	φ (mm)	Peso (Kg)
Solera					
	Viga Long	7	10,500	12	67,6200
	Viga Transv	16	2,050	12	30,1760
	Long -	14	3,650	12	47,0120
	Long +	11	1,800	10	12,6720
	Transv -	6	4,127	12	22,7810
	Transv +	21	1,370	10	18,4128
SUBTOTAL					198,6738
Tímpano					
	Long	9	2,200	10	12,6720
	Cercos	11	2,000	10	14,0800
SUBTOTAL					26,7520
Aletas					
	Long Ext	5	1,650	16	26,8950
	Long Int	5	1,650	12	15,1800
	Transv Ext	7	1,350	12	17,3880
	Transv Int	7	1,350	12	17,3880
SUBTOTAL					76,8510
TOTAL					302,2768

Con estas mediciones, se calcula el coste de la unidad de obra con el siguiente desglosado:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
5,2485	m3	Hormigón HA-25/B/20/Ila	68,00	356,90
13,2420	m2	Encofrado oculto	20,00	264,84
5,7710	m2	Encofrado de madera visto	32,00	184,67
302,2768	Kg	Acero B-500-S	0,85	256,94
				1063,35

Siendo la medición de esta unidad de obra de 31 ud y el rendimiento de ejecución de 4 boquillas/semana, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 31 \text{ ud} \cdot 1.063,35 \text{ €/ud} = 32.963,70 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{31 \text{ ud}}{4 \text{ ud/semana}} = 39 \text{ días}$$



Figura 26. Boquilla de caño de 1000 mm.

2.2.8. Tímpano, aletas y solera de hormigón para caño de 1200 mm

De manera análoga a la unidad de obra anterior, se dibuja el elemento en Autocad para determinar así las mediciones de acero, hormigón y encofrado, que resultan las siguientes:

ODT $\phi 1200$				
HORMIGÓN HA-25				
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
Solera	10,644		0,500	5,322
a deducir	-2,608		0,250	-0,652
Tímpano				0,964
Aletas	2,115	0,300	1,155	0,733
			TOTAL	6,367

ENCOFRADO					
		Tipo	Largo (m)	Alto (m)	Área (m2)
Solera					
	Frontal	Oculto	4,048	0,500	2,024
	Trasdós	Oculto	3,214	0,500	1,607
	Derecha	Oculto	1,889	0,500	0,945
	Izquierda	Oculto	1,889	0,500	0,945
	Tape D	Oculto	1,300	0,500	0,650
	Tape I	Oculto	1,300	0,500	0,650
Tímpano					
	Frontal	Visto			1,676
	Trasdós	Oculto			3,213
	Derecha	Oculto	0,300	1,810	0,543
	Izquierda	Oculto	0,300	1,810	0,543
Aletas					
	Tape	Visto	0,300	0,500	0,300
	Interior	Oculto	1,965	1,155	4,539
	Exterior	Visto	2,265	1,155	5,232
TOTAL Oculto					15,658
TOTAL Visto					7,208

FERRALLA					
		Ud	Largo (m)	φ (mm)	Peso (Kg)
Solera					
	Viga Long	9	11,130	12	92,1564
	Viga Transv	18	2,050	12	33,9480
	Long -	17	3,975	12	62,1690
	Long +	9	2,100	10	12,0960
	Transv -	8	4,550	12	33,4880
	Transv +	23	1,792	10	26,3782
SUBTOTAL					260,2356
Tímpano					
	Long	9	2,400	10	13,8240
	Cercos	12	2,000	10	15,3600
SUBTOTAL					29,1840
Aletas					
	Exterior	5	1,965	16	32,0295
	Interior	5	1,965	12	18,0780
	Transv Ext	8	1,415	12	20,8288
	Transv Int	8	1,415	12	20,8288
SUBTOTAL					91,7651
TOTAL					381,1847

Con estas mediciones, se calcula el coste de la unidad de obra con el siguiente desglosado:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
6,3668	m3	Hormigón HA-25/B/20/IIa	68,00	432,95
15,6582	m2	Encofrado oculto	20,00	313,16
7,2082	m2	Encofrado de madera visto	32,00	230,66
381,1847	Kg	Acero B-500-S	0,85	324,01
				1300,78

Siendo la medición de esta unidad de obra de 8 ud y el rendimiento de ejecución de 4 boquillas/semana, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 8 \text{ ud} \cdot 1.300,78 \text{ €/ud} = 10.406,21 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{8 \text{ ud}}{4 \text{ ud/semana}} = 10 \text{ días}$$

2.3. DRENES SUBTERRÁNEOS

2.3.1. Zanja drenante con dren profundo

La zanja drenante es un elemento que permite recoger el agua que se infiltra en las capas inferiores de la plataforma de la carretera y la conduce longitudinalmente hasta una arqueta donde vierte al colector.

La sección tipo de la zanja drenante dispuesta es la reflejada en la siguiente figura:

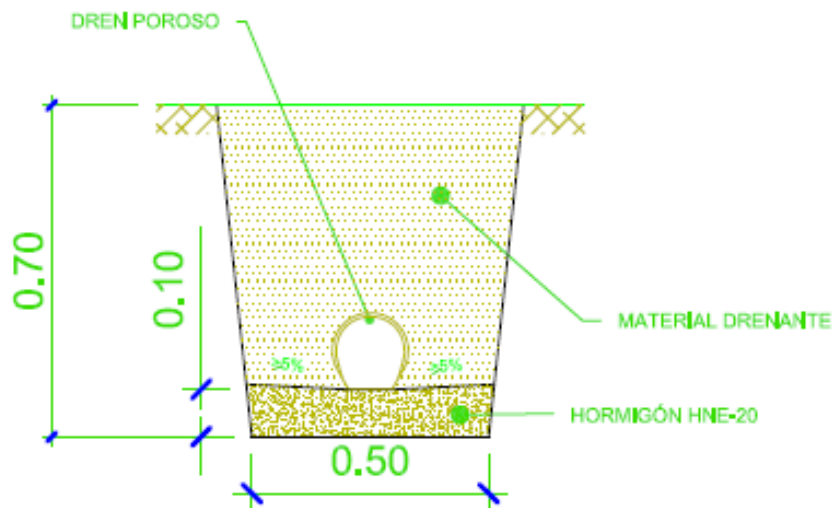


Figura 27. Sección tipo de zanja drenante.

El procedimiento constructivo para la ejecución de la zanja drenante es el siguiente:

- Excavación de una zanja de las dimensiones requeridas con pala mixta.

- Construcción de una solera de hormigón HNE-20 de 10 cm de espesor y con pendiente en V hacia el centro de la zanja, posición que ocupará el tubo dren, de al menos el 5%.
- Colocación del dren poroso de PVC de $\phi 160$ mm.
- Relleno de la zanja con material drenante 40/60 mm mediante la pala mixta.

En caso de que coexistan colector y tubo dren deberá colocarse el tubo dren por encima para que este pueda verter a los colectores en las arquetas. En este caso de coexistencia, el proceso constructivo será:

- Excavación de una zanja de las dimensiones requeridas con pala mixta.
- Extendido de una capa de 8 cm de arena 0/6 mm mediante pala mixta.
- Colocación del tubo colector de PVC de $\phi 400$ mm.
- Relleno de la zanja con arena 0/6 mm mediante pala mixta hasta una cota 10 cm superior al punto alto del colector y compactación con rana compactadora.
- Disposición de una capa de 10 cm de hormigón HNE-20.
- Colocación del tubo dren poroso de PVC de $\phi 160$ mm.
- Relleno de la zanja con material drenante 40/60 mm mediante la pala mixta.

En la tabla inferior se recoge el desglosado de la unidad de obra con los costes correspondientes y el coste unitario total:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0150	h	Capataz	25,00	0,38
0,1500	h	Peón especialista	18,00	2,70
0,1500	h	Peón señalista	18,00	2,70
0,3500	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	2,45
0,3000	m3	Extensión Material drenante 40/60 mm	16,60	4,98
0,0500	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	3,20
1,0000	m	Tubo de PVC 160 mm	6,00	6,00
				22,41

La medición de esta unidad de obra es de 2.819 m, considerando un rendimiento de 50 m/día, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 2.819 \text{ m} \cdot 22,41 \text{ €/m} = 63.169,56 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{2.819 \text{ m}}{50 \text{ m/día}} = 57 \text{ días}$$

A modo de resumen, y para facilitar la ejecución del Plan de Obra, se recogen en la siguiente tabla los tiempos de ejecución previstos para las unidades de *Drenaje*:

	Unidad de obra	Tiempo (días)
Drenaje Profundo	Colector PVC 400 mm	13
	Zanja drenante	57
	Arquetas	22
	Pozos de registro	32
	Tubo transversal PVC 400 mm	2
	ODT 1000 mm	48
	ODT 1200 mm	12
	Boquillas ODT 1000 mm	39
	Boquillas ODT 1200 mm	10
Drenaje Superficial	Cuneta	20
	Trasdosado de cuneta	30
	Pasos salvacunetas vadeable	25
	Pasos salvacunetas rejilla	25

Para la ejecución del *Drenaje Profundo*, que se realizará cuando se vaya terminando el movimiento de tierras, se dispondrán un total de 3 cuadrillas trabajando simultáneamente a las que se asignará las actividades expuestas en la tabla anterior. En el *Capítulo XIV. Plan de Obra* del presente documento se justifica la distribución de equipos.

Cuadrilla	Unidades de obra	Tiempo (días)	Tiempo total (días)
1	Tubo transversal PVC 400 mm	2	119
	ODT 1000 mm	48	
	ODT 1200 mm	12	
	Zanja drenante	57	
2	Boquillas ODT 1000 mm	39	62
	Boquillas ODT 1200 mm	10	
	Colector PVC 400 mm	13	
3	Arquetas	22	54
	Pozos de registro	32	
TOTAL Drenaje Profundo (ver Plan de Obra)			131

Para la ejecución del *Drenaje Superficial*, que se realizará posteriormente a la ejecución de la capa de rodadura del firme, se dispondrán 4 cuadrillas trabajando simultáneamente a las que se asignará las siguientes actividades:

Cuadrilla	Unidades de obra	Tiempo (días)
1	Cuneta	20
2	Trasdosado de cuneta	30
3	Pasos salvacunetas vadeable	25
4	Pasos salvacunetas rejilla	25
TOTAL Drenaje Superficial		30

3. CAPÍTULO III: FIRMES

El proyectista define una categoría de tráfico pesado T41 y proyecta el siguiente paquete de firmes, desde la capa superior a inferior:

	Capa	Espesor
Firme	AC 16 surf 60/70 D	5 cm
	AC 22 bin 60/70 S	5 cm
	ZA	30 cm
Explanada	ZA	10 cm
	Pedraplén	70 cm

Para conseguir una explanada E25, de características intermedias entre la E2 y E3 definidas en la *Norma 6.1-IC. Secciones de firme*, se disponen 70 cm de pedraplén de tamaño 0/300 mm extendida sobre la plataforma de desmonte o el núcleo de los terraplenes. Sobre esta capa de pedraplén se extenderá una capa de 10 cm de zahorra artificial, con el fin de regularizar la superficie resultante. Esta solución de explanada es la habitualmente utilizada por el Servicio de Proyectos y Obras de la Dirección General de Carreteras del Gobierno de Cantabria en obras de carreteras autonómicas, con sobrada experiencia y buenos resultados.

A continuación, se dimensiona la sección de firmes según la *Norma 6.1-IC. Secciones de firme*, considerando un tipo de explanada E2, quedándose así del lado de la seguridad, y una categoría de tráfico T41, escogiéndose la solución 4121 con 30 cm de zahorra artificial y 10 cm de mezcla bituminosa. La mezcla bituminosa se dispone en las siguientes capas:

- 5 cm de mezcla bituminosa en caliente AC 22 bin 60/70 S en capa intermedia.
- 5 cm de mezcla bituminosa en caliente AC 16 surf 60/70 D en capa de rodadura.

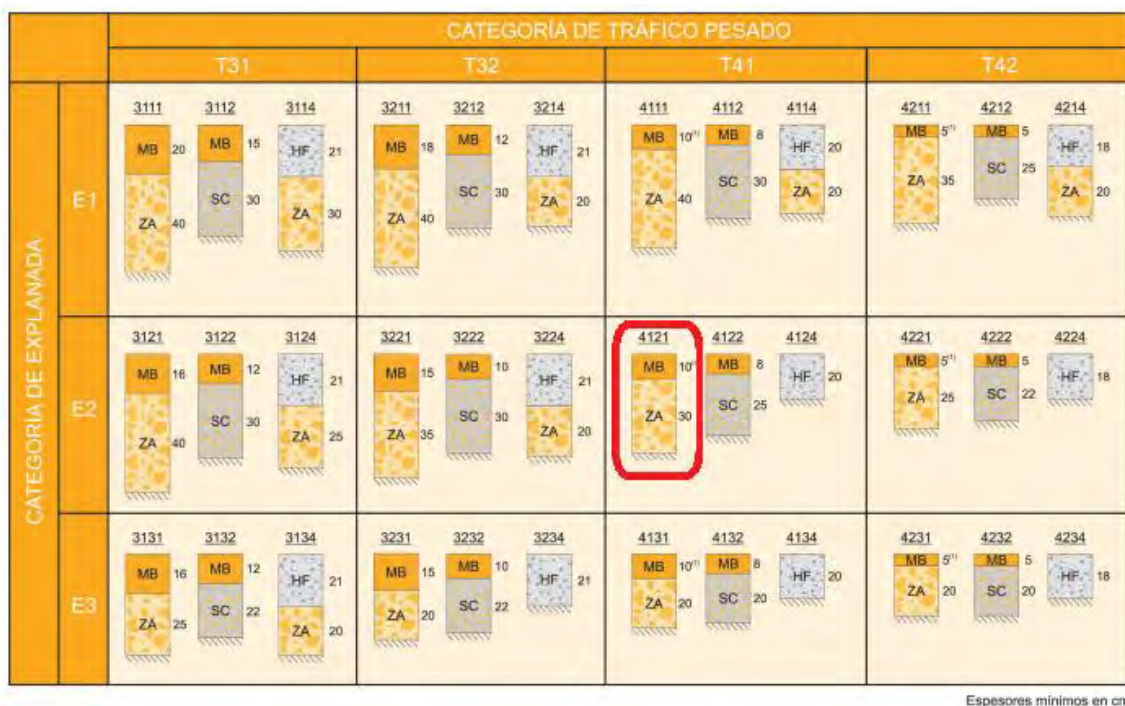


Figura 28. Dimensionamiento de firmes según Norma 6.1-IC. Secciones de firme.

El proceso constructivo para la ejecución del paquete de firmes es el siguiente:

- Replanteo de la sección transversal de la explanada cada 10 m de forma que la cabeza de la estaca quede a la altura hasta la que deberá enrasarse la primera capa de ZA con la motoniveladora. Para ello, se deberá tener en cuenta el esponjamiento del material y la reducción de volumen tras el paso del rodillo compactador.
- Extensión de una capa de 10 cm de ZA para regularización del pedraplén mediante motoniveladora enrasando con las cabezas de las estacas.
- Humectación mediante un camión cisterna y compactación mediante rodillo compactador de esta primera capa.
- Replanteo de la sección transversal de la explanada cada 10 m de forma análoga a la capa anterior para la siguiente capa de ZA.
- Extensión de una capa de 30 cm de ZA mediante motoniveladora enrasando con las estacas.
- Humectación y compactación de manera análoga.
- Comprobación de que se ha alcanzado la densidad de ZA requerida mediante ensayo de placa de carga o ensayo nuclear.
- A continuación, se limpia la superficie y se aplica un riego de imprimación mediante un camión cisterna con lanza. Este riego será una emulsión bituminosa de rotura lenta, con una dotación de $1,5 \text{ kg/m}^2$, que tiene la función de sellar la capa de zahorra para evitar la entrada de agua hacia su interior.
- Al menos 24 h más tarde de disponer el riego de imprimación, podrá empezar a disponerse las mezclas bituminosas.
- Se replantea la primera capa de mezcla bituminosa cada 10 m mediante la colocación de piquetes con una pletina horizontal que recogen un cable de acero horizontal que se dispone entre pletinas, longitudinalmente en el sentido de la traza. Sobre él apoyará el palpador de la extendedora para dejar la capa nivelada.
- Los camiones bañera llegan de la planta de aglomerado y se verifica que el material haya salido de la planta a una temperatura de aproximadamente 160°C (no mayor para que no se queme), y que llegue a obra a $130\text{-}135^\circ\text{C}$. Los camiones circularán con una lona en la caja para evitar la entrada de suciedad en la mezcla y su enfriamiento. Es de gran importancia que la mezcla se disponga con la temperatura adecuada.
- El camión se coloca marcha atrás apoyado sobre la extendedora y en punto muerto y va vertiendo el material que contiene a la tolva de la extendedora.
- La extendedora va avanzando y empujando al camión, y dispone la capa con la anchura deseada gracias a un tornillo sinfín que distribuye la mezcla en toda la anchura.
- Una cuadrilla de operarios vigilará esta labor e irá recebando el material que pueda caer a los lados.
- Inmediatamente después, un compactador de neumáticos empieza a compactar la mezcla bituminosa y por detrás de él, un compactador de rodillo liso (tándem) continúa la compactación.
- A continuación, y justo antes de disponer la capa de rodadura, se limpia la superficie mediante una barredora mecánica y se aplica un riego de adherencia mediante un camión cisterna con lanza. El riego de adherencia consistirá en una emulsión termoadherente de rotura rápida, con una dotación de $0,5 \text{ kg/m}^2$, con la finalidad de que exista adherencia entre capas de mezcla bituminosa.
- Se extiende la capa de rodadura “a plancha fija” (con espesor constante) y se compacta de manera análoga a la capa intermedia.
- Finalmente, se comprueba el Índice de Regularidad Internacional.

Cabe destacar tres aspectos importantes:

- El ancho de la plataforma proyectado es de 6,50 m y la anchura máxima de la extendidora es de 5,50 m, por lo que deberá disponerse la mezcla bituminosa en dos veces, permitiendo además así la circulación alterna de vehículos por el carril por el que no se esté trabajando. Sin embargo, en capa de rodadura no está permitido que exista junta longitudinal, por ello se realizará el siguiente proceso constructivo: por la mañana se extenderá un carril y su arcén correspondiente (3,25 m) permitiendo la circulación por el otro carril y por la tarde se extenderá el otro carril y su arcén correspondiente. De esta manera la junta longitudinal se “cierra en caliente” y no producirá problemas.
- No se ejecutarán estas operaciones de extendido de mezcla bituminosa cuando llueva o haya previsiones de lluvia, ya que podría enfriar excesivamente la mezcla durante el transporte o alterarla, lavar el riego de adherencia, producirse una mala compactación...
- Al disponerse únicamente dos capas de mezcla bituminosa, es de gran importancia que las capas inferiores del firme estén bien ejecutadas y niveladas. Cuánto más tarde haya que corregir irregularidades más caro será, ya que el precio de los materiales aumenta cuando se va ascendiendo en el paquete de firmes.

A continuación, se analizarán una a una las unidades de obra del capítulo de Firmes, estimándose rendimientos, costes y tiempos de ejecución.

3.1.1. Zahorra artificial fabricada en obra con material de excavación o préstamos

La cantidad total de zahorra artificial a disponer en capa de firme (10 cm para regularización de la explanada + 30 cm bajo mezclas bituminosas) es de 20.036,884 m³, teniendo en cuenta el material a disponer en el tronco de la carretera y en las dos intersecciones. Las mediciones parciales se recogen en la siguiente tabla:

Descripción	Medición	Unidad
Tronco	18.751,458	m ³
Intersección 1	701,488	m ³
Intersección 2	583,938	m ³
Total	20.036,884	m³

Sin embargo, el proyecto estima que solo se podrá conseguir a partir de la excavación de la obra 10.500 m³ y los 9.536,884 m³ restantes procederán de cantera.

En esta unidad se contempla la obtención de la zahorra artificial mediante una planta móvil de machaqueo a partir del material de excavación de la propia obra, su carga en camiones, su transporte desde la planta hasta el tajo, su extensión y su compactación.

El coste del machaqueo de áridos incluido montaje de planta móvil, mano de obra y fabricación de áridos y desmontaje se estima en 2 €/t. Considerando una densidad de 2,26 t/m³, resulta un coste unitario de 4,52 €/m³.

La zahorra se cargará en camiones bañera mediante pala cargadora, se transportará desde la planta móvil de machaqueo de áridos situada en el desmonte D20 (PK 3+755) hasta su punto final de colocación. Los 10.500 m³ procedentes de la excavación se dispondrán en los PK finales de la carretera (PK 2+680 al PK 5+830), para así minimizar la distancia de transporte de la zahorra que vendrá de cantera, que está más próxima del PK 0+000 de la carretera.

El cálculo del coste de carga y transporte se realizará de manera análoga al transporte de la grava 12/25. En primer lugar, se reparte el material en las dos partes que separa la ubicación de la planta móvil de áridos, se calcula la distancia media, el tiempo de ciclo y el número de camiones de manera que no se minore el rendimiento de extensión de la motoniveladora en el tajo. Finalmente se calcula el coste de carga y transporte, considerando un coste de pala cargadora de 65 €/h y de camión bañera de otros 80 €/h, y un rendimiento de carga del material de 450 m³/día, acompasando la llegada de material al tajo con el rendimiento de extensión de la motoniveladora para que no se produzcan grandes acumulaciones de material esperando a ser extendido en su punto de colocación. A continuación, se resume dicho cálculo:

La distancia media de transporte será:

Origen	Destino	Medición	Unidad	Distancia (m)
Planta áridos 3+755	2+680 al 3+755	3.488,542	m ³	537,5
Planta áridos 3+755	3+755 al 5+830	7.011,458	m ³	1.037,5
Distancia media de transporte				871,4

$$t_{\text{ciclo camión}} = t_{\text{carga}} + t_{\text{transporte}} + t_{\text{descarga}}$$

$$t_{\text{ciclo camión}} = 6 \text{ min} + \left(\frac{0,871 \text{ Km}}{20 \text{ Km/h}} \right) + 1 \text{ min} = 10 \text{ min}$$

$$\text{Rendimiento}_{1 \text{ camión}} = \frac{\text{capacidad caja camión}}{t_{\text{ciclo camión}}} = \frac{11 \text{ m}^3}{10 \text{ min}} = 66 \text{ m}^3/\text{h} = 660 \text{ m}^3/\text{día}$$

Como un único camión es capaz de transportar 660 m³/día será suficiente para abastecer de material a la motoniveladora que está extendiendo en el tajo, que tiene un rendimiento de 450 m³/día, sin verse este reducido por falta de material.

Por lo tanto, se dispondrá un equipo compuesto por una pala cargadora y 1 camión bañera que cargará el material en la planta móvil y lo conducirá hasta el tajo, con los siguientes costes asociados:

$$\text{Coste unitario pala cargadora} = \frac{65 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,44 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario camión bañera} = \frac{80 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,78 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario carga y transporte} = 1,44 \text{ €/m}^3 + 1,78 \text{ €/m}^3 = 3,22 \text{ €/m}^3$$

Suponiendo un coste de la motoniveladora de 85 €/h, del rodillo de 65 €/h y un rendimiento, impuesto por la motoniveladora de 450 m³/día, resulta:

$$\text{Coste unitario machaqueo} = 2 \text{ €/t} \cdot 2,26 \text{ t/m}^3 = 4,52 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario carga y transporte} = 3,22 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario motoniveladora} = \frac{85 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,89 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario rodillo} = \frac{65 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,44 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 4,52 + 3,22 + 1,89 + 1,44 = 11,07 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste de ejecución} = 10.500,000 \text{ m}^3 \cdot 11,07 \text{ €/m}^3 = 116.235,00 \text{ €}$$

3.1.2. Zahorra artificial de cantera

Los 9.536,884 m³ de zahorra artificial restantes, que el proyecto estima que no se podrán conseguir de la propia excavación de la obra, se traerán de cantera. Se dispondrán desde el PK 0+000 hasta el PK 2+680 y en las dos intersecciones (PK 0+770 y PK 1+500).

Esta unidad de obra recoge los costes de compra del material en cantera, transporte en camiones bañera de 24 T, extendido mediante motoniveladora y compactado mediante rodillo.

Se estima un coste del material de cantera de 4,5 €/t y una densidad de 2,26 t/m³.

El material se transportará desde la cantera más cercana a la obra que es la de Caranceja, del grupo Hormisa, situada a una distancia de 2 Km del PK 0+000 de la obra. Se estima un tiempo de ciclo del camión (carga, ida, descarga y vuelta) de 25 min. Considerando un coste horario del camión bañera de 80 €/h, se calcula el coste de transporte que será:

$$\text{Tiempo de ciclo del camión} = 4 \text{ min} + 2 \cdot \left(\frac{2 \text{ Km} + \frac{2,680 \text{ Km}}{2}}{20 \text{ Km/h}} \right) + 1 \text{ min} = 25 \text{ min}$$

$$\text{Coste unitario transporte} = \frac{\frac{25}{60} \text{ h} \cdot 80 \text{ €/h}}{24 \text{ t}} = 1,39 \text{ €/t}$$

Por lo tanto, resultan los siguientes costes:

$$\text{Coste unitario material cantera} = 4,5 \text{ €/t} \cdot 2,26 \text{ t/m}^3 = 10,17 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario transporte material cantera} = 1,39 \text{ €/t} \cdot 2,26 \text{ t/m}^3 = 3,14 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario motoniveladora} = \frac{85 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,89 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario rodillo} = \frac{65 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,44 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 10,17 + 3,14 + 1,89 + 1,44 = 16,64 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste de ejecución} = 9.536,884 \text{ m}^3 \cdot 16,64 \text{ €/m}^3 = 158.693,75 \text{ €}$$

El tiempo de ejecución del total de la medición de zahorra artificial dispuesta en capa de firme, sea la procedencia del árido de cantera o de la propia obra es:

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{20.036,884 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 45 \text{ días}$$

3.1.3. Incremento de calidad de zahorra artificial

Esta unidad de obra se abonará en caso de que la zahorra, además de cumplir todas las prescripciones especificadas en los apartados 510.2.- “Materiales” y 510.3.- “Tipo y composición del material” del PG-3, tuviera, en al menos el 90 % de los ensayos que realice la dirección de obra un valor del equivalente de arena, según la Norma UNE-EN 933-8, superior en 10 puntos, o más, al valor mínimo especificado en el PPTP del proyecto.

El PPTP exige un equivalente de arena de 40, por tanto, si la zahorra artificial dispuesta tiene un equivalente de arena de 50 o más, se abonará esta unidad.

Se considera que, tanto la zahorra de la propia excavación de la obra como la de cantera, cumplirá con este valor y por lo tanto el coste de esta unidad es cero.

3.1.4. Emulsión bituminosa en riego de imprimación

Como se expuso con anterioridad, tras la extensión y compactación de la zahorra artificial se dispondrá una emulsión bituminosa de rotura lenta (C60BF5 IMP), con una dotación de 1,5 kg/m², que tiene la función de sellar la capa de zahorra para evitar la entrada de agua hacia su interior.

Se considera un coste unitario de 460 €/t que, con una medición de 65,831 t, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 65,831 \text{ t} \cdot 460 \text{ €/t} = 30.282,26 \text{ €}$$

3.1.5. Mezcla bituminosa en caliente, en capa de base e intermedia

La mezcla bituminosa AC 22 bin 60/70 S que se dispondrá en capa intermedia tendrá la siguiente medición:

Descripción	Medición	Unidad
Tronco	5.163,905	t
Intersección 1	190,717	t
Intersección 2	158,758	t
Total	5.513,380	t

Suponiendo un coste de la mezcla bituminosa en capa intermedia de 22 €/t y un rendimiento de ejecución, impuesto por la máquina extendidora, de 500 t/día:

$$\text{Coste de ejecución} = 5.513,380 \text{ t} \cdot 22 \text{ €/t} = 121.294,36 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{5.513,380 \text{ t}}{500 \text{ t/día}} = 11 \text{ días}$$

3.1.6. Emulsión bituminosa termoadherente en riego de adherencia

Antes de la extensión de la capa de rodadura se dispondrá una emulsión bituminosa termoadherente de rotura rápida (C60B4 ADH), con una dotación de 0,5 kg/m², que tiene la función de adherir las dos capas de mezcla bituminosa.

Se considera un coste unitario de 510 €/t que, con una medición de 22,106 t, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 22,106 \text{ t} \cdot 510 \text{ €/t} = 11.274,06 \text{ €}$$

3.1.7. Mezcla bituminosa en caliente, en capa de rodadura

La mezcla bituminosa AC 16 surf 60/70 D que se dispondrá en capa de rodadura tendrá la siguiente medición:

Descripción	Medición	Unidad
Tronco	4.977,025	t
Intersección 1	198,664	t
Intersección 2	165,373	t
Total	5.341,062	t

Suponiendo un coste de la mezcla bituminosa en capa de rodadura de 27 €/t y un rendimiento de ejecución, impuesto por la máquina extendidora, de 500 t/día:

$$\text{Coste de ejecución} = 5.341,062 \text{ t} \cdot 27 \text{ €/t} = 144.208,67 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{5.341,062 \text{ t}}{500 \text{ t/día}} = 11 \text{ días}$$



Figura 29. Capa de rodadura.

3.1.8. Betún de cualquier penetración

La dotación y medición del betún en cada una de las capas de mezcla bituminosa se resume en la siguiente tabla:

Capa	Dotación	Medición	Unidad
Intermedia	4,5 %	248,102	t
Rodadura	5 %	267,053	t
	Total	515,155	t

Suponiendo un coste del betón de cualquier penetración de 400 €/t:

$$\text{Coste de ejecución} = 515,155 \text{ t} \cdot 400 \text{ €/t} = 206.062,00 \text{ €}$$

3.1.9. Incremento de calidad de árido en capa de rodadura

Esta unidad de obra se abonará en caso de que el árido grueso empleado en capa de rodadura, además de cumplir todas las prescripciones establecidas en el apartado 542.2.3.- “Áridos” del PG-3, tuviera un valor del coeficiente de pulimento acelerado según UNE-EN 1097-8 en todos los ensayos que realice la dirección de obra superior en cuatro (4) puntos al valor mínimo especificado en el PG-3 para la categoría de tráfico pesado que corresponda.

**TABLA 542.5- COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO (PSV)
PARA CAPAS DE RODADURA**

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T00 y T0	T1 a T31	T32, T4 y ARCENES
≥ 56	≥ 50	≥ 44

Este valor mínimo para el caso del proyecto, con categoría de tráfico pesado T41, es de 44. Por lo tanto, si es valor en todos los ensayos del árido dispuesto en obra es de 48 o mayor, se abonará esta unidad.

Se considera que el árido grueso proveniente de cantera para la capa de rodadura cumplirá con este valor, por lo tanto el coste de esta unidad es cero.

3.1.10. Incremento de calidad de regularidad superficial en capa de rodadura

Esta unidad de obra se abonará en caso de que los resultados de la regularidad superficial de la capa de rodadura mejoren los valores especificados en el apartado 542.10.4.- “Regularidad superficial” del PG-3 en todos los ensayos que realice la dirección de obra.

El PG-3 establece que si los resultados de la regularidad superficial de capa de rodadura en tramos uniformes y continuos, con longitudes superiores a dos kilómetros cumplen los valores de la tabla 542.17.a, se abonará esta unidad de obra.

TABLA 542.17.a - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN, CON POSIBILIDAD DE ABONO ADICIONAL

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA	
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS	RESTO DE VÍAS
50	< 1,0	< 1,0
80	< 1,2	< 1,5
100	< 1,5	< 2,0

Se considera que la capa de rodadura se dispone correctamente y cumple con este valor de IRI, por lo tanto el coste de esta unidad es cero.

3.1.11. Bordillo prefabricado de hormigón recto o curvo de doble capa

En el proyecto se definen dos intersecciones a nivel, tipo T con cuñas de entrada y salida, con los viales municipales que conducen a las localidades de La Busta (PK 0+770) y Rudagüera (PK 1+500).

Como se aprecia en los planos siguientes, la intersección de La Busta constará con una lágrima central y dos isletas laterales y la intersección de Rudagüera únicamente con una lágrima central.

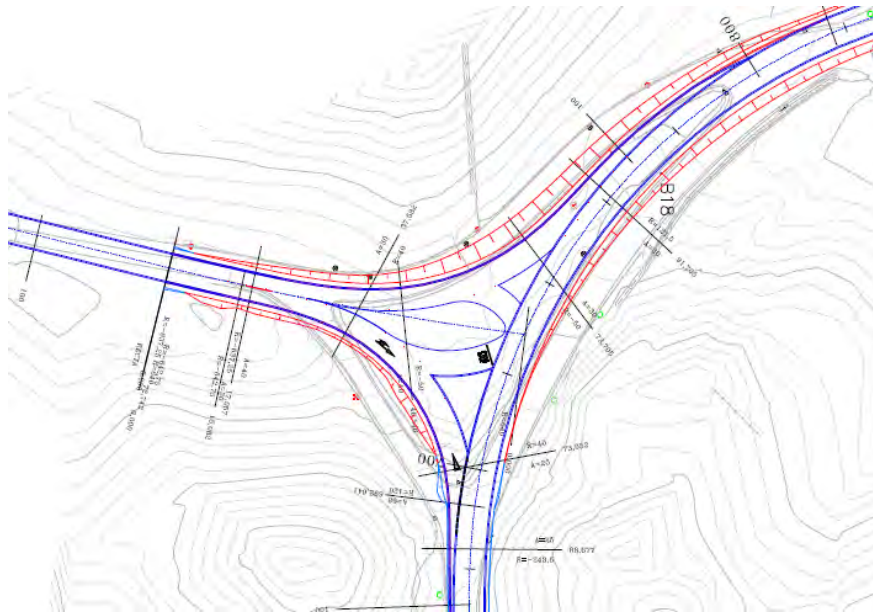


Figura 30. Intersección de La Busta en el PK 0+770.

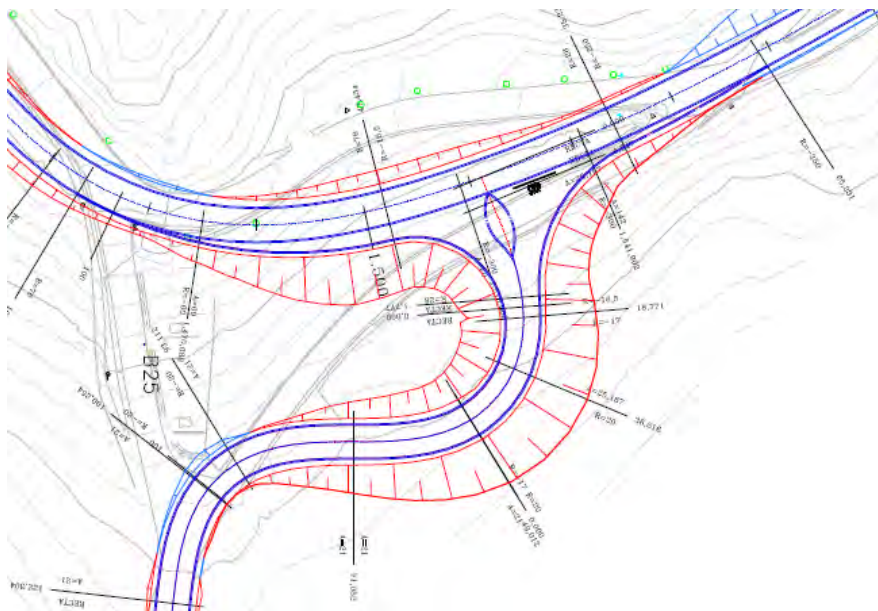


Figura 31. Intersección de Rudagüera en el PK 1+500.

Los contornos de las isletas de las intersecciones se ejecutarán mediante un bordillo prefabricado de hormigón tipo C7-R5.

En primer lugar, se excavará el perímetro de la isleta donde se dispondrá el bordillo mediante una pala mixta y se saneará, con una profundidad menor que en el perímetro, toda el área interior de la isleta. A continuación, se dispondrá en el perímetro una solera de hormigón pobre de unos 15-20 cm y sobre ella, antes de que fragüe, se disponen las piezas del bordillo que se colocarán a mano y golpeándolas con un mazo de goma para ajustarlas a su posición final. Resulta conveniente tender una cuerda para replantear el borde del bordillo y garantizar así su correcta colocación. Las juntas entre bordillos serán de 1 cm y se rellenarán con mortero.

Las mediciones de la presente unidad de obra son:

Intersección	Elemento	Medición	Unidad
1	Lágrima	54,482	m
	Isleta dcha	34,363	m
	Isleta izqda	15,867	m
2	Lágrima	24,237	m
	Total	128,949	m

Considerando un coste unitario de 18 €/m y un rendimiento de 60 m/día, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 128,949 \text{ m} \cdot 18 \text{ €/m} = 2.321,08 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{128,949 \text{ m}}{60 \text{ m/día}} = 2 \text{ días}$$

3.1.12. Pavimento para vehículos con piezas prefabricadas

De manera análoga al bordillo, se colocará una solera de hormigón pobre en toda el área interior de la isleta, que quedará a una cota mayor que la solera perimetral sobre la que apoya el bordillo. Una vez fraguada esta capa, se dispone una capa de 3 cm de mortero y se colocan las piezas prefabricadas de hormigón, garantizando de esta manera un perfecto encaje bordillo-piezas prefabricadas.

Las mediciones de esta unidad de obra son:

Intersección	Elemento	Medición	Unidad
1	Lágrima	131,374	m ²
	Isleta dcha	46,166	m ²
	Isleta izqda	9,198	m ²
2	Lágrima	18,491	m ²
	Total	205,229	m²

Considerando un coste unitario de 60 €/m² y un rendimiento de 50 m²/día, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 205,229 \text{ m}^2 \cdot 60 \text{ €/m}^2 = 12.313,74 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{205,229 \text{ m}^2}{50 \text{ m}^2/\text{día}} = 4 \text{ días}$$



Figura 32. Isleta de la intersección de La Busta (PK 0+750) compuesta por bordillo C7-R5 en el perímetro y piezas prefabricadas.

4. CAPÍTULO IV: MUROS

En el Proyecto se recogen un total de 14 muros (3 de escollera, 2 de hormigón en masa y 9 de hormigón armado) cuyas características principales se definen en la siguiente tabla:

MURO	SITUACIÓN		MARGEN	TIPO DE MURO	LONGITUD (m)	ALTURA (m)	
	PK Inicial	PK Final				Mínima	Máxima
1I	0+655	0+685	Izquierda	HA	30,00	2,06	2,88
2I	0+935	0+945	Izquierda	HM	10,00	0,86	1,08
3I	1+125	1+195	Izquierda	HA	70,00	1,45	3,95
4I	1+335	1+355	Izquierda	ES	20,00	1,00	1,00
5I	2+935	2+955	Izquierda	HA	20,00	1,54	1,54
6I	4+940	4+990	Izquierda	HA	50,00	2,33	2,50
7I	5+310	5+360	Izquierda	HA	50,00	2,42	2,82
1D	0+635	0+695	Derecha	HA	60,00	1,90	3,52
2D	2+690	2+710	Derecha	ES	20,00	2,68	3,58
3D	3+215	3+225	Derecha	HA	10,00	1,50	1,50
4D	3+345	3+375	Derecha	HA	30,00	2,46	3,31
5D	3+520	3+560	Derecha	HA	40,00	1,95	2,34
6D	4+685	4+695	Derecha	HM	10,00	1,04	1,98
7D	5+170	5+240	Derecha	ES	70,00	7,00	7,00

La función de los diferentes muros proyectados es alguna de estas dos:

- **Muros de Contención:** muro que se emplea para la sujeción de tierras o terrenos inestables. Contiene tierras respecto a la carretera. Esta es la tipología de los muros 2D y 7D, para los cuales se emplearán muros de escollera.
- **Muros de Sostenimiento:** muro que se construye separado del terreno natural dejando un espacio vacío que posteriormente se rellena con un material seleccionado, con el objeto de crear o ampliar la plataforma de la carretera. Sostiene a la carretera. Esta es la tipología de los muros 1I, 2I, 3I, 4I, 5I, 6I, 7I, 1D, 3D, 4D, 5D y 6D, para los cuales se emplearán:
 - Muros de escollera si la altura es menor de 1 metro (4I).
 - Muros de hormigón en masa para alturas de alrededor de 1 m (2I y 6D).
 - Muros de hormigón armado para alturas mayores de 1,5 metros (1I, 3I, 5I, 6I, 7I, 1D, 2D, 3D, 4D, 5D y 7D).

En los tres apartados siguientes, se definirá el procedimiento constructivo de cada una de las tipologías de muro empleados en la carretera y se analizarán sus unidades de obra, estableciendo costes y rendimientos de ejecución.

4.1. MUROS DE ESCOLLERA

El procedimiento constructivo de los muros de escollera que se dispondrán en la carretera es el siguiente:

- Excavación del trasdós del muro con el talud definido en los planos mediante retroexcavadora, en caso de muros de contención.
- Excavación de la cimentación del muro mediante retroexcavadora. El fondo de la cimentación tendrá una contrapendiente con talud 1V/3H hacia el trasdós para facilitar la colocación de las siguientes hiladas de escollera.

- Disposición de la escollera de cimentación mediante el cazo de la retroexcavadora.
- Hormigonado de la cimentación en 1ª fase con HNE-25, para que los huecos entre bloques de escollera queden rellenos con hormigón. Se rellenará hasta una cota tal que los bloques de la cara superior de la cimentación sobresalgan un mínimo de 15-20 cm.
- Colocación de la escollera de la primera hilada del cuerpo del muro mediante retroexcavadora.
- Hormigonado de la cimentación en 2ª fase hasta enrasar con el terreno.
- Ejecución del cuerpo del muro mediante colocación de hileras de escollera con talud 6V/1H en el frente del muro y 3V/1H en el trasdós. Con el fin de asegurar la mayor trabazón posible, cada bloque debe apoyar su cara inferior en, al menos, dos bloques, y estar en contacto con los bloques laterales adyacentes, además de con otros dos de la hilada superior. Se tratará de evitar que los contactos entre bloques de una hilada coincidan con los de la hilada inferior, impidiendo de este modo la formación de columnas de bloques de escollera. Análogamente debe de tratar de evitarse en lo posible, la formación de filas horizontales de bloques.
- A medida que se vayan colocando las diferentes hiladas, se irá colocando en el trasdós, con un espesor mínimo de 1 m, un relleno de pedraplén. Este material permite un mejor reparto de presiones sobre la escollera, mejora el drenaje y evita la salida de finos a través de los huecos de la escollera.
- Relleno de los huecos del paramento visto del muro con tierra vegetal.



Figura 33. Muro de escollera.

4.1.1. Excavación en zanjas y pozos, tipo 1

Esta unidad de obra corresponde a la excavación del trasdós de los muros de escollera y de la cimentación conforme a lo establecido en los planos del Proyecto.

Las mediciones para cada uno de los muros son las siguientes:

Muro	Medición	Unidad
2D	582,100	m ³
7D	3.984,176	m ³
4I	35,947	m ³
Total	4.602,223	m³

Se prevé un coste de esta unidad de obra de 5 €/m³, por tanto el coste de ejecución será:

$$\text{Coste de ejecución} = 4.602,223 \text{ m}^3 \cdot 5 \text{ €/m}^3 = 23.011,12 \text{ €}$$

Considerando un rendimiento de ejecución de 400 m³/día, resulta un tiempo de ejecución para cada una de las excavaciones de cada muro:

Muro	Tiempo (días)
2D	2
7D	10
4I	1

4.1.2. Formación de muro de escollera

Consiste en la disposición de los bloques de escollera mediante retroexcavadora en cimentación o cuerpo de muro de escollera.

Las mediciones para cada uno de los muros son las dispuestas en la tabla inferior. Según lo dispuesto en la unidad de obra *Excavaciones* del *Capítulo I. Explicaciones* del presente documento, el material para la formación de muro de escollera provendrá de la propia excavación de la obra y concretamente, de los siguientes desmontes:

Muro	Medición	Unidad	Proveniencia
2D	253,290	m ³	D4
7D	2.085,498	m ³	D16
4I	24,229	m ³	D28
Total	2.363,017	m³	

Se considera un coste horario de la retroexcavadora de 80 €/h y un rendimiento de ejecución del muro de 80 m³/día (incluye colocación de la escollera, relleno del trasdós y hormigonado), por lo tanto:

$$\text{Coste unitario retroexcavadora} = \frac{80 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{80 \text{ m}^3/\text{día}} = 10,00 \text{ €/m}^3$$

Con esta medición y coste unitario, se obtiene:

$$\text{Coste de ejecución} = 2.363,017 \text{ m}^3 \cdot 10 \text{ €/m}^3 = 23.630,17 \text{ €}$$

El tiempo de ejecución de cada uno de los muros será:

Muro	Tiempo (días)
2D	3
7D	26
4I	1

4.1.3. Hormigón HNE-25/B/20 procedente de central puesto en obra mediante vertido

Esta unidad de obra corresponde al hormigón que se verterá en cimentación del muro de escollera para rellenar los huecos entre bloques.

Las mediciones para cada uno de los muros son las siguientes:

Muro	Medición	Unidad
2D	16,040	m ³
7D	97,785	m ³
4I	2,474	m ³
Total	116,299	m³

El coste de esta unidad de obra contempla la compra del hormigón en la planta de hormigón de Caranceja, del grupo Hormisa, situada a 2 Km del inicio de la obra y el coste de transporte hasta el tajo. La colocación de este hormigón se realizará de la siguiente manera: la hormigonera verterá por la teja el hormigón y llenará el cazo de la retroexcavadora directamente, sin necesidad, en principio, de ningún operario más que el conductor del camión hormigonera. Por ello no se incluye un coste asociado a la mano de obra.

Para el coste del hormigón y transporte hasta el tajo se ha pedido presupuesto a Hormisa y resulta:

Concepto	Medición	Unidad
Hormigón a pie de obra	65,47	€/m ³
Total	65,47	€/m³

Por lo tanto, el coste total de esta unidad de obra será:

$$\text{Coste de ejecución} = 116,299 \text{ m}^3 \cdot 65,47 \text{ €/m}^3 = 7.614,10 \text{ €}$$

El tiempo de ejecución del hormigonado viene incluido en el rendimiento de 80 m³/h considerado para formación del muro de escollera.

4.1.4. Relleno de huecos en paramento de escollera con tierra vegetal

Tras la ejecución de la escollera, deberán rellenarse los huecos de la cara vista del muro con tierra vegetal proveniente de la propia obra.

Las mediciones para cada uno de los muros son las siguientes:

Muro	Medición	Unidad
2D	68,600	m ²
7D	420,924	m ²
4I	21,738	m ²
Total	511,262	m²

Se estima un coste de 2 €/m² para la realización de esta actividad y un rendimiento de 100 m²/día, por tanto resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 511,262 \text{ m}^2 \cdot 2 \text{ €/m}^2 = 1.022,52 \text{ €}$$

Se consideran los siguientes tiempos de ejecución de esta actividad:

Muro	Tiempo (días)
2D	1
7D	5
4I	1

4.1.5. Formación de pedraplén

Esta unidad de obra corresponde a la colocación del material a disponer en el trasdós de los muros de escollera mediante una retroexcavadora.

Las mediciones de pedraplén para cada uno de los muros son las dispuestas en la tabla inferior. Según lo dispuesto en la unidad de obra *Excavaciones* del *Capítulo I. Explicaciones* del presente documento, el material para la formación de pedraplén para relleno de trasdós en muro de escollera provendrá de la propia excavación de la obra y concretamente, de los siguientes desmontes:

Muro	Medición	Unidad	Proveniencia
2D	109,190	m ³	D4
7D	608,214	m ³	D16
4I	20,571	m ³	D28
Total	737,975	m³	

El coste de colocación de este material está incluido en la unidad de obra *Formación de muro de escollera* del presente capítulo y el coste de transporte del material desde su proveniencia hasta el punto de colocación está incluido en la unidad de obra *Excavaciones* del *Capítulo I. Explicaciones*. Por lo tanto, no se considera ningún coste en esta unidad.

Agrupando los tiempos de ejecución de todas las actividades necesarias para la ejecución de los muros de escollera, se obtienen los siguientes tiempos de ejecución para cada muro:

MUROS DE ESCOLLERA				
Muro	Excavación	Colocación escollera + Relleno trasdós + Hormigonado	Relleno tierra	TOTAL (días)
2D	2	3	1	6
7D	10	26	5	41
4I	1	1	1	3

4.2. MUROS DE HORMIGÓN EN MASA

El procedimiento constructivo de los muros de hormigón en masa que se dispondrán en la carretera es el siguiente:

- Se realizarán los muros en módulos de 10 m, en cada uno de ellos se procederá con esta secuencia:
 - Día 1: Excavación del trasdós del muro con el talud definido en los planos y de su cimentación mediante retroexcavadora.
 - Día 2: Colocación de una solera de hormigón de limpieza HL en base de cimentación.
 - Día 3: Colocación del encofrado y hormigonado con HNE-25 de la cimentación.
 - Día 4: Colocación del encofrado del alzado.
 - Día 5: Hormigonado del alzado del muro con HNE-25.
 - Día 6: Desencofrado del alzado del muro y traslado del encofrado al siguiente módulo.
- Tras realizar todo el muro:
 - Colocación del tubo dren en el trasdós.
 - Relleno de la cimentación y del trasdós del muro con material drenante mediante pala mixta.

Por lo tanto, para el cálculo del tiempo de ejecución se considerará un rendimiento de 6 días/módulo más el tiempo de colocación del tubo dren y de relleno del trasdós con material granular.

En la tabla inferior se indican la longitud de los muros y, en función de ello, el número de módulos en los que se ejecutará:

Muro	Longitud (m)	Nº Módulos
6D	10	1
2I	10	1

4.2.1. Excavación en zanjas y pozos, tipo 1

Esta unidad de obra corresponde a la excavación del trasdós de los muros de hormigón en masa y de su cimentación conforme a lo establecido en los planos del Proyecto.

Las mediciones para cada uno de los muros son las siguientes:

Muro	Medición	Unidad
6D	29,456	m ³
2I	34,766	m ³
Total	64,222	m³

Se prevé un coste de esta unidad de obra de 5 €/m³, por tanto el coste de ejecución será:

$$\text{Coste de ejecución} = 64,222 \text{ m}^3 \cdot 5 \text{ €/m}^3 = 321,11 \text{ €}$$

4.2.2. Encofrado recto

Consiste en el encofrado a disponer para la formación de la cimentación y alzado de los muros. Se tienen las siguientes mediciones:

Muro	Medición	Unidad
6D	43,679	m ²
2I	35,788	m ²
Total	79,467	m²

Se considera un coste de encofrado de 20 €/m² y, por lo tanto, un coste total:

$$\text{Coste de ejecución} = 79,467 \text{ m}^2 \cdot 20 \text{ €/m}^2 = 1.589,34 \text{ €}$$

4.2.3. Hormigón HL-150/B/20 procedente de central puesto en obra mediante vertido

Esta unidad de obra corresponde al hormigón de limpieza a disponer en base de cimentación de los muros de hormigón en masa. Se tienen las siguientes mediciones:

Muro	Medición	Unidad
6D	1,326	m ³
2I	1,086	m ³
Total	2,412	m³

El coste de esta unidad de obra está compuesto por el precio del hormigón traído desde la planta de hormigón más cercana a la obra y puesto a pie de obra más el coste de la mano de obra necesaria para su disposición y vibrado.

Concepto	Medición	Unidad
Hormigón a pie de obra	58,34	€/m ³
Puesta en obra	5,00	€/m ³
Total	63,34	€/m³

Por tanto, con esta medición y coste unitario se tiene:

$$\text{Coste de ejecución} = 2,412 \text{ m}^3 \cdot 63,34 \text{ €/m}^3 = 152,78 \text{ €}$$

4.2.4. Hormigón HNE-25/B/20 procedente de central puesto en obra mediante vertido

Corresponde al hormigón a disponer en cimentación y alzado de los muros de hormigón en masa. La medición de cada muro es la siguiente:

Muro	Medición	Unidad
6D	15,514	m ³
2I	10,476	m ³
Total	25,990	m³

El coste de esta unidad de obra está compuesto por el precio del hormigón traído desde la planta de hormigón más cercana a la obra y puesto a pie de obra más el coste de la mano de obra necesaria para su disposición y vibrado.

Concepto	Medición	Unidad
Hormigón a pie de obra	65,47	€/m ³
Puesta en obra	5,00	€/m ³
Total	70,47	€/m³

Por tanto, con esta medición y coste unitario se tiene:

$$\text{Coste de ejecución} = 25,990 \text{ m}^3 \cdot 70,47 \text{ €/m}^3 = 1.831,52 \text{ €}$$

4.2.5. Tubo dren de 160 mm

En el trasdós de los muros se colocará un tubo dren en sentido longitudinal que tiene la función de recoger el agua que llegue por el talud y conducirla hasta un punto en que pueda ser vertida, disipando así las presiones que se producirían en el muro por el empuje del agua sobre él.

Las mediciones en cada muro son las siguientes:

Muro	Medición	Unidad
6D	10,000	m
2I	10,000	m
Total	20,000	m

Para obtener el coste de esta unidad de obra, de manera análoga a lo realizado en el *Capítulo II. Drenaje* del presente documento, se parte de la Justificación de Precios del Proyecto y se imputan los costes esperados, resultando el siguiente descompuesto:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0100	h	Capataz	25,00	0,25
0,1000	h	Peón especialista	18,00	1,80
0,1000	h	Peón señalista	18,00	1,80
0,0500	m ³	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	3,20
1,0000	m	Tubo de PVC 160 mm	6,00	6,00
				13,05

Resulta por lo tanto el siguiente coste total:

$$\text{Coste de ejecución} = 20 \text{ m} \cdot 13,05 \text{ €/m} = 261,07 \text{ €}$$

Se considerará un tiempo de ejecución de 1 día por muro.

Muro	Tiempo (días)
6D	1
2I	1

4.2.6. Relleno localizado de material drenante

El trasdós de los muros se rellenará mediante un material drenante proveniente de cantera. Las mediciones para cada muro son las siguientes:

Muro	Medición	Unidad
6D	13,800	m ³
2I	15,400	m ³
Total	29,200	m³

El coste de esta unidad de obra incluye la compra del material en cantera, el transporte hasta su punto de colocación y su disposición en el trasdós. La altura de los muros es en todo caso menor de 2 m, por lo que este material podrá disponerse mediante pala mixta, con un rendimiento de 130 m³/día. Se estima en 5 €/t el coste del material de cantera y en 2 €/t el transporte hasta el tajo y una densidad de 1,8 t/m³. Con todo ello, resultan los siguientes costes unitarios:

$$\text{Coste unitario material cantera} = 5 \text{ €/t} \cdot 1,8 \text{ t/m}^3 = 9,00 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario transporte material cantera} = 2 \text{ €/t} \cdot 1,8 \text{ t/m}^3 = 3,60 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario pala mixta} = \frac{45 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{130 \text{ m}^3/\text{día}} = 3,46 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 9,00 + 3,60 + 3,46 = 16,06 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste de ejecución} = 29,200 \text{ m}^3 \cdot 16,06 \text{ €/m}^3 = 486,95 \text{ €}$$

Los tiempos de ejecución de esta unidad de obra serán los siguientes:

Muro	Tiempo (días)
6D	1
2I	1

Agrupando los tiempos de ejecución de todas las actividades necesarias para la ejecución de los muros de hormigón en masa, se obtienen los siguientes tiempos de ejecución para cada muro:

MUROS DE HORMIGÓN EN MASA					
Muro	Nº Módulos	Ejecución módulo	Tubo dren	Relleno trasdós	TOTAL (días)
6D	1	6	1	1	8
2I	1	6	1	1	8

4.3. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO

El procedimiento constructivo de los muros de hormigón armado que se dispondrán en la carretera es el siguiente:

- Se realizarán los muros en módulos de 10 m, en cada uno de ellos se procederá con esta secuencia:
 - Día 1: Excavación del trasdós del muro con el talud definido en los planos y de su cimentación mediante retroexcavadora.

- Día 2: Colocación de una solera de hormigón de limpieza HL en base de cimentación.
- Día 3: Colocación de la ferralla de la cimentación y encofrado.
- Día 4: Hormigonado de la cimentación con HA-30 mediante vertido directo desde el camión hormigonera.
- Día 5: Ferralla y encofrado del alzado.
- Día 6: Hormigonado del alzado del muro con HA-30 mediante bomba de hormigón.
- Día 7: Desencofrado del alzado del muro y traslado del encofrado al siguiente módulo.
- Si la estabilidad del trasdós del muro lo permite, se irán solapando la ejecución de los módulos de manera que se dé continuidad a las diferentes actividades de ejecución y personal que esté trabajando en ellas. Por lo tanto, el día 1 se ejecutará la excavación del módulo 1, el día 2 se ejecutará la solera del módulo 1 y la excavación del módulo 2, el día 3 se dispondrá la ferralla del módulo 1, se ejecutará la solera del módulo 2 y se excavará el módulo 3... y así sucesivamente.
- Tras realizar todo el muro:
 - Colocación del tubo dren en el trasdós.
 - Relleno de la cimentación y del trasdós del muro con material drenante mediante pala mixta.

Por lo tanto, para el cálculo del tiempo de ejecución se considerará un rendimiento de 7 días/módulo, teniendo en cuenta los solapes cuando estos sean posibles, más el tiempo de colocación del tubo dren y de relleno del trasdós con material granular.

En la tabla inferior se indican la longitud de los muros y, en función de ello, el número de módulos en los que se ejecutará:

Muro	Longitud (m)	Nº Módulos
1D	60	6
3D	10	1
4D	30	3
5D	40	4
1I	30	3
3I	70	7
5I	20	2
6I	50	5
7I	50	5

4.3.1. Excavación en zanjas y pozos, tipo 1

Esta unidad de obra corresponde a la excavación del trasdós de los muros de hormigón armado y de su cimentación conforme a lo establecido en los planos del Proyecto.

Las mediciones para cada uno de los muros son las siguientes:

Muro	Medición	Unidad
1D	412,741	m ³
3D	52,980	m ³
4D	275,089	m ³
5D	175,008	m ³

1l	146,545	m ³
3l	539,653	m ³
5l	71,553	m ³
6l	227,593	m ³
7l	254,051	m ³
Total	2.155,213	m³

Se prevé un coste de esta unidad de obra de 5 €/m³, por tanto el coste de ejecución será:

$$\text{Coste de ejecución} = 2.155,213 \text{ m}^3 \cdot 5 \text{ €/m}^3 = 10.776,07 \text{ €}$$

4.3.2. Hormigón HL-150/B/20 procedente de central puesto en obra mediante vertido

Esta unidad de obra corresponde al hormigón de limpieza a disponer en base de cimentación de los muros de hormigón armado. Se tienen las siguientes mediciones:

Muro	Medición	Unidad
1D	12,890	m ³
3D	1,878	m ³
4D	6,300	m ³
5D	9,105	m ³
1l	6,160	m ³
3l	16,260	m ³
5l	3,756	m ³
6l	9,090	m ³
7l	10,045	m ³
Total	75,484	m³

El coste de esta unidad de obra está compuesto por el precio del hormigón traído desde la planta de hormigón más cercana a la obra y puesto a pie de obra más el coste de la mano de obra necesaria para su disposición y vibrado.

Concepto	Medición	Unidad
Hormigón a pie de obra	58,34	€/m ³
Puesta en obra	5,00	€/m ³
Total	63,34	€/m³

Por tanto, con esta medición y coste unitario se tiene:

$$\text{Coste de ejecución} = 75,484 \text{ m}^3 \cdot 63,34 \text{ €/m}^3 = 4.781,16 \text{ €}$$

4.3.3. Encofrado recto

Esta unidad de obra corresponde al encofrado a disponer para la formación de la cimentación y alzado de los muros. Se tienen las siguientes mediciones:

Muro	Medición	Unidad
1D	372,927	m ²
3D	39,107	m ²

4D	201,816	m ²
5D	232,351	m ²
1I	183,657	m ²
3I	456,209	m ²
5I	73,186	m ²
6I	246,246	m ²
7I	219,161	m ²
Total	2.024,660	m²

Se considera un coste de encofrado de 20 €/m² y, por lo tanto, un coste total:

$$\text{Coste de ejecución} = 2.042,660 \text{ m}^2 \cdot 20 \text{ €/m}^2 = 40.493,20 \text{ €}$$

4.3.4. Hormigón HA-30/B/20/IIIa procedente de central puesto en obra mediante bombeo

Este hormigón es el que se dispondrá en los alzados de los muros de hormigón armado. Se tienen las siguientes mediciones:

Muro	Medición	Unidad
1D	91,190	m ³
3D	9,482	m ³
4D	48,157	m ³
5D	56,494	m ³
1I	43,041	m ³
3I	119,028	m ³
5I	18,743	m ³
6I	58,571	m ³
7I	59,655	m ³
Total	504,361	m³

El coste de esta unidad de obra está compuesto por el precio del hormigón de la planta más cercana a la obra, el coste de transporte desde la planta hasta el punto de colocación, el coste de la mano de obra necesaria para su disposición y vibrado y el coste de la bomba de hormigón necesaria para su colocación.

Concepto	Medición	Unidad
Hormigón a pie de obra	72,98	€/m ³
Puesta en obra	5,00	€/m ³
Bomba de hormigón	4,00	€/m ³
Total	81,98	€/m³

Con esta medición y coste unitario se tiene:

$$\text{Coste de ejecución} = 504,361 \text{ m}^3 \cdot 81,98 \text{ €/m}^3 = 41.347,51 \text{ €}$$

4.3.5. Hormigón HA-30/B/20/IIIa procedente de central puesto en obra mediante vertido

Este hormigón es el que se dispondrá en las cimentaciones de los muros de hormigón armado. Se tienen las siguientes mediciones:

Muro	Medición	Unidad
1D	10,132	m ³
3D	1,054	m ³
4D	5,351	m ³
5D	6,277	m ³
1I	4,782	m ³
3I	13,225	m ³
5I	2,083	m ³
6I	6,508	m ³
7I	6,628	m ³
Total	56,040	m³

El coste de esta unidad de obra está compuesto por el precio del hormigón de la planta más cercana a la obra, el coste de transporte desde la planta hasta el punto de colocación y el coste de la mano de obra necesaria para su disposición y vibrado.

Concepto	Medición	Unidad
Hormigón a pie de obra	72,98	€/m ³
Puesta en obra	5,00	€/m ³
Total	77,98	€/m³

Con esta medición y coste unitario se tiene:

$$\text{Coste de ejecución} = 56,040 \text{ m}^3 \cdot 77,98 \text{ €/m}^3 = 4.370,00 \text{ €}$$

4.3.6. Acero B 500 S en barras corrugadas

Esta unidad de obra corresponde con la ferralla necesaria para el armado de los muros de hormigón armado. Se tienen las siguientes mediciones por muro:

Muro	Medición	Unidad
1D	6.591,900	Kg
3D	429,000	Kg
4D	3.756,300	Kg
5D	3.339,450	Kg
1I	2.860,100	Kg
3I	8.873,300	Kg
5I	858,000	Kg
6I	3.339,450	Kg
7I	3.370,050	Kg
Total	33.417,550	Kg

Se considera un coste del material de 0,55 €/kg y un coste de corte, doblado y colocación de 0,30 €/kg, por lo que se tiene:

Concepto	Medición	Unidad
Acero	0,55	€/kg
Puesta en obra	0,30	€/kg
Total	0,85	€/kg

Con esta medición y coste unitario, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 33.417,550 \text{ kg} \cdot 0,85 \text{ €/kg} = 28.404,92 \text{ €}$$

4.3.7. Tubo dren de 160 mm

Al igual que en los muros de hormigón en masa, en el trasdós de los muros de hormigón armado se colocará un tubo dren en sentido longitudinal para recoger el agua que llegue por el talud y conducirla hasta un punto en que pueda ser vertida.

Las mediciones en cada muro son las siguientes:

Muro	Medición	Unidad
1D	60,000	m
3D	10,000	m
4D	30,000	m
5D	45,000	m
1I	30,000	m
3I	70,000	m
5I	20,000	m
6I	45,000	m
7I	50,000	m
Total	360,000	m

Para obtener el coste de esta unidad de obra se parte de la Justificación de Precios del Proyecto y se imputan los costes esperados, resultando el siguiente descompuesto:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0100	h	Capataz	25,00	0,25
0,1000	h	Peón especialista	18,00	1,80
0,1000	h	Peón señalista	18,00	1,80
0,0500	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	3,20
1,0000	m	Tubo de PVC 160 mm	6,00	6,00
				13,05

Con la medición y coste unitario, se obtienen los siguientes costes totales:

$$\text{Coste de ejecución} = 360 \text{ m} \cdot 13,05 \text{ €/m} = 4.699,26 \text{ €}$$

Se considera un tiempo de colocación del tubo dren de 1 día por muro.

4.3.8. Relleno localizado de material drenante

De manera análoga a lo dispuesto en la unidad de obra homónima de *Muros de Hormigón en Masa*, el trasdós de los muros de hormigón armado se rellenará también mediante un material drenante proveniente de cantera. Las mediciones para cada muro son las siguientes:

Muro	Medición	Unidad
1D	138,600	m ³
3D	11,000	m ³
4D	75,100	m ³
5D	90,950	m ³
1I	67,150	m ³
3I	170,300	m ³
5I	21,100	m ³
6I	89,200	m ³
7I	82,150	m ³
Total	745,550	m³

El coste de esta unidad de obra incluye la compra del material en cantera, el transporte hasta su punto de colocación y su disposición en el trasdós mediante retroexcavadora, con un rendimiento de 130 m³/día. Se estima en 5 €/t el coste del material de cantera y en 2 €/t el transporte hasta el tajo y una densidad de 1,8 t/m³. Con todo ello, resultan los siguientes costes unitarios:

$$\text{Coste unitario material cantera} = 5 \text{ €/t} \cdot 1,8 \text{ t/m}^3 = 9,00 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario transporte material cantera} = 2 \text{ €/t} \cdot 1,8 \text{ t/m}^3 = 3,60 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario retroexcavadora} = \frac{80 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{130 \text{ m}^3/\text{día}} = 6,15 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 9,00 + 3,60 + 6,15 = 18,77 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste de ejecución} = 745,550 \text{ m}^3 \cdot 18,77 \text{ €/m}^3 = 13.993,97 \text{ €}$$

Los tiempos de ejecución de esta unidad de obra serán los siguientes:

Muro	Tiempo (días)
1D	1
3D	1
4D	1
5D	1
1I	1
3I	2
5I	1
6I	1
7I	1

Los 11 muros de hormigón definidos en el Proyecto (9 armados y 2 en masa) son muros de sostenimiento, cuya finalidad es sostener el terraplén que se está ejecutando y evitar que la pendiente que habría que disponer ocupase mucho espacio. En ningún caso se ve comprometida

la estabilidad del trasdós del muro, por lo que podrá solaparse la ejecución de los módulos según lo dispuesto al inicio de este capítulo.

Por tanto, el tiempo de ejecución de un muro de hormigón en masa según el número de módulos que tenga será el siguiente:

Módulos	Tiempo (días)
1	6

Y para los muros de hormigón armado:

Módulos	Tiempo (días)
1	7
2	8
3	9
4	10
5	11
6	12
7	13

Agrupando los tiempos de ejecución de todas las actividades necesarias para la ejecución de los muros de hormigón en masa, se obtienen los tiempos:

MUROS DE HORMIGÓN ARMADO					
Muro	Nº Módulos	Ejecución módulos	Tubo dren	Relleno trasdós	TOTAL (días)
1D	6	12	1	1	14
3D	1	7	1	1	9
4D	3	9	1	1	11
5D	4	10	1	1	12
1I	3	9	1	1	11
3I	7	13	1	2	16
5I	2	8	1	1	10
6I	5	11	1	1	13
7I	5	11	1	1	13

Los muros se irán ejecutando en paralelo al movimiento de tierras. Según lo dispuesto en el *Capítulo XIV. Plan de Obra*, en la siguiente tabla se asignarán los equipos a disponer y qué muros ejecutarán. Se han dispuesto un total de 3 cuadrillas trabajando conjuntamente para no ralentizar el movimiento de tierras: 1 de ellas con los muros de escollera y otras 2 con los muros de hormigón.

Cuadrilla	Muro	Tipología	Tiempo (días)	Tiempo total (días)
1	4I	ES	3	50
	2D	ES	6	
	7D	ES	41	
TOTAL Muros de Escollera				50

Cuadrilla	Muro	Tipología	Tiempo (días)	Tiempo total (días)
2	1D	HA	14	57
	1I	HA	11	
	6I	HA	13	
	3D	HA	9	
	5I	HA	10	
3	2I	HM	8	67
	3I	HA	15	
	7I	HA	13	
	6D	HM	8	
	5D	HA	12	
	4D	HM	11	
TOTAL Muros de Hormigón				67

5. CAPÍTULO V: SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO DE OBRA

Este capítulo corresponde a todas las unidades de obra necesarias para la correcta señalización y balizamiento de la carretera durante la ejecución de las obras en cumplimiento de la *Norma 8.3-IC. Señalización de Obras*.

La señalización proyectada en este capítulo tiene los siguientes cuatro objetivos básicos:

- Informar al usuario de la presencia de las obras.
- Ordenar la circulación en el tramo de carretera afectado por las obras.
- Modificar el comportamiento de los conductores para que adapten su modo de circulación a las circunstancias particulares.
- Proteger a los trabajadores mediante la señalización y balizamiento de la zona de obras de los accidentes causados por la irrupción de los vehículos en el interior de la misma.

Los elementos más importantes de este capítulo son los siguientes:

- Marcas viales amarillas.
- Señalización vertical fija con fondo amarillo.
- Señalización vertical móvil con fondo amarillo.
- Carteles verticales.
- Paneles direccionales.
- Elementos de balizamiento: conos de obra, semáforos móviles, luces ámbar intermitentes...

Estas actividades de señalización y balizamiento de obra deberán llevarse a cabo durante todo el transcurso de la obra y previamente al comienzo de la actividad que interfiera con el tráfico o que deba proteger la señalización o balizamiento de obra.

La correcta ejecución de este capítulo corresponde a la empresa adjudicataria de la obra y se estima un coste para las unidades de obra de este capítulo de un 70 % sobre el precio de proyecto, y por lo tanto resulta:

$$\text{Coste} = 70 \% \text{ de } 25.736,17 = 18.015,32 \text{ €}$$

6. CAPÍTULO VI: SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS

Este capítulo corresponde con todas las unidades de obra necesarias para la correcta señalización y balizamiento de la carretera en cumplimiento de la *Norma 8.1-IC. Señalización Vertical* y *Norma 8.2-IC. Marcas Viales*, así como la disposición de sistemas de contención de vehículos en cumplimiento de la *Orden Circular 35/2014 Sobre Criterios De Aplicación De Sistemas De Contención De Vehículos*.

Los elementos más importantes de este capítulo son los siguientes:

- **Marcas viales:**

Todas las marcas viales proyectadas serán reflectantes en color blanco, obteniéndose ese carácter reflectante mediante la incorporación de microesferas de vidrio.

Se realizarán dos aplicaciones de pintura en las marcas viales de la carretera:

- Una primera aplicación al término de la obra mediante pintura acrílica con base de agua en todas las marcas viales de la carretera.
- Una segunda aplicación al término del período de garantía (12 meses) mediante pintura plástica de aplicación en frío de dos componentes y color blanco en todos los símbolos e inscripciones y pintura termoplástica en caliente para el resto de marcas viales.

- **Señalización vertical:**

La disposición de señalización vertical tiene por objeto aumentar la seguridad, eficacia y comodidad en el uso de la carretera, advirtiendo al usuario de la proximidad de algún peligro, dándole la información necesaria para que pueda elegir una dirección sin titubeos, o bien recordándole algunas prescripciones del código de circulación.

Se disponen señales de advertencia de peligro, señales de reglamentación, señales de indicación y carteles de indicación de orientación, todas ellas con retrorreflectancia de nivel II.

- **Elementos de balizamiento:**

Elementos fácilmente perceptibles por el conductor con objeto de destacar determinadas características de la vía. Se proyectan:

- Captafaros adosados a la barrera de seguridad metálica. En el tronco de la traza, en ambos márgenes de la calzada, cada 4 metros.
- Paneles direccionales para balizamiento de curva, con fondo azul y trazos en "V" horizontal, siendo reflectantes en color blanco. Señalizarán la dirección de las curvas de mayor peligrosidad.
- Hitos kilométricos.

- **Sistemas de contención de vehículos:**

Se dispone barrera de contención de vehículos en los siguientes casos:

- En el lado exterior de las alineaciones curvas de radio inferior a 200 m.
- En el lado exterior de las alineaciones curvas en las que la velocidad específica sea inferior en más de 30 Km/h a la alineación inmediatamente anterior.

Se disponen barreras de cuatro tipos:

- Barrera metálica Normal N2/W5/A.
- Barrera metálica con valla para protección de motoristas Normal N2/W5/A1.
- Barrera metálica Alta/H2/W5/A.
- Barrera metálica con valla para protección de motoristas Alta/H1/W4/B1.

Estas actividades de señalización, balizamiento y defensa de la carretera se realizan inmediatamente después de la ejecución del firme y de las cunetas, para no afectar así al rendimiento de ejecución de estos.

La totalidad de este capítulo se subcontrata a una empresa especializada en la materia y se estima un coste de ejecución del 70 % del precio establecido en el proyecto para este capítulo, y por lo tanto resulta:

$$\text{Coste} = 70 \% \text{ de } 164.095,34 = 114.866,74 \text{ €}$$



Figura 34. Hito kilométrico. PK 5+000.



Figura 35. Señalización en intersección de Rudagüera.

7. CAPÍTULO VII: INTEGRACIÓN AMBIENTAL

Este capítulo incluye las unidades de obra para restaurar paisajísticamente la carretera a medida que se van ejecutando las obras, así como el seguimiento medioambiental y arqueológico de las mismas.

Las actividades más importantes a realizar son:

- Colocación de una capa de tierra vegetal procedente de la propia obra en taludes.
- Abonado orgánico mediante estiércol y proyección de hidrosiembra arbustiva en casi 40.000 m² de talud.
- Plantación de 282 árboles autóctonos.
- Plantación de 470 arbustos autóctonos.
- Plantación de 475 unidades de hiedra común.
- Plantación de 475 unidades de madreselva de los bosques.
- Seguimiento medioambiental.
- Seguimiento arqueológico.

Este capítulo se subcontrata a empresas especializadas en jardinería y seguimiento ambiental, a excepción de la colocación de tierra vegetal en taludes que se ejecutará por parte de la empresa constructora. Se estima un coste del 80 % del precio de proyecto para este capítulo, y por lo tanto resulta:

$$\text{Coste} = 80 \% \text{ de } 104.971,62 = 83.977,30 \text{ €}$$



Figura 36. Revegetación de taludes.

8. CAPÍTULO VIII: ILUMINACIÓN

Se proyecta reponer la iluminación de la intersección de Rudagüera (intersección 2) y la existente a la entrada al pueblo de Novales mediante puntos de luz constituidos por báculos de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 10m de altura, colocados a una distancia de entre 35 y 40 m, con luminarias de fundición inyectada de aluminio con grado de hermeticidad IP66.

Las lámparas serán de VSAP de 250 W y sus equipos serán electrónicos de doble nivel de potencia que reducirán el consumo un 50 % a partir de las tres horas y media de su entrada en servicio, en verano, y a partir de las cuatro horas y media en invierno.

Se disponen un total de 11 puntos de luz, 5 en la intersección de Rudagüera y 6 en la entrada al pueblo de Novales, como se muestra en las figuras inferiores. Para ello será necesario ejecutar o disponer un total de 11 unidades de:

- Cimentación para columna troncocónica.
- Columna troncocónica de acero galvanizado.
- Luminaria y lámpara de VSAP de 250 W.

La alimentación a los diferentes puntos de luz se realiza a través de canalización subterránea, con conductor de cobre homologado, desde dos cuadros de mando y maniobra que se instalarán al junto a los puntos de luz, según planos. Para ello se necesitará un total de:

- 401 m de prisma de hormigón HNE-20 de 0,40 x 0,40 para canalización de servicios.
- 10 arquetas prefabricada.
- 2 cuadros de mando.

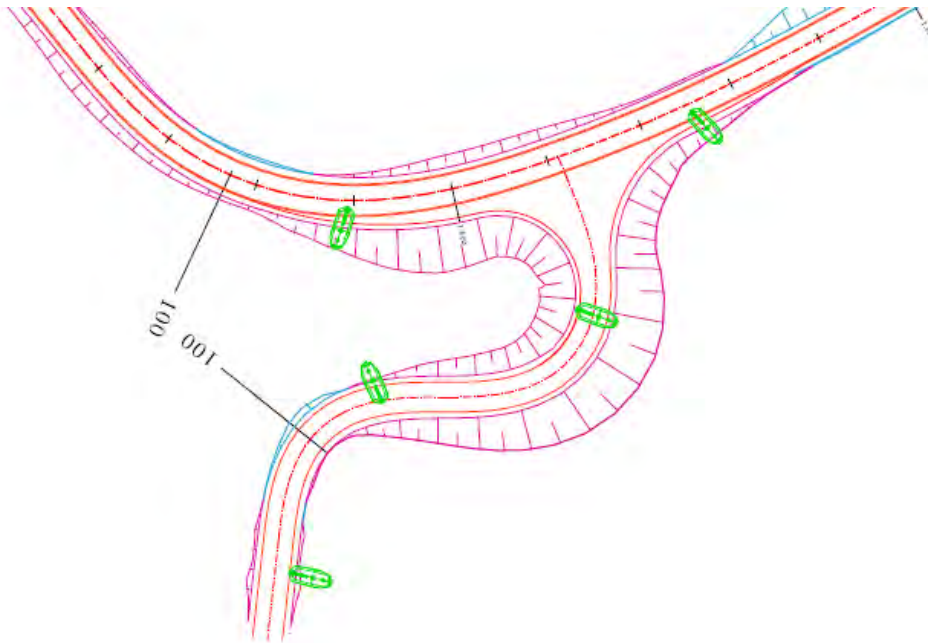


Figura 37. Iluminación intersección Rudagüera.

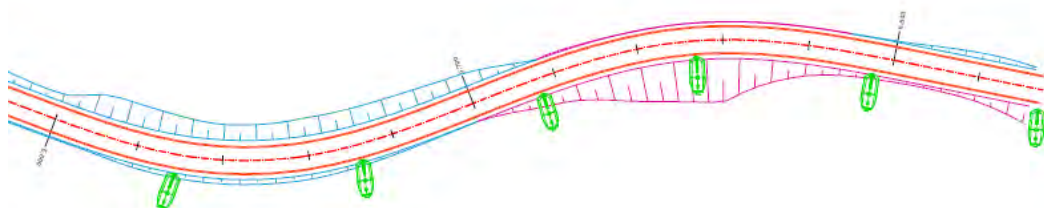


Figura 38. Iluminación llegada al pueblo de Novales.

Este capítulo se subcontrata a una empresa especializada en iluminación y se estima un coste del 80 % del precio de proyecto, y por lo tanto resulta:

$$\text{Coste} = 80 \% \text{ de } 18.749,28 = 14.999,42 \text{ €}$$



Figura 39. Punto de luz a la entrada del pueblo de Novales. PK 5+700.

9. CAPÍTULO IX: REPOSICIONES Y VARIOS

9.1.1. *Análisis de los servicios afectados por las obras*

En este apartado se realiza un análisis de los servicios afectados por las obras para determinar en qué grado son afectados, quién debe restituirlos y de qué forma y cuándo se ejecutará esta restitución. Es una labor importante a ejecutar antes del inicio de las obras, para prevenir con tiempo a todos los afectados y evitar incompatibilidades o tener que detener las obras en cierto punto por una mala planificación de las afecciones.

A continuación, se enumeran todos los servicios afectados que recoge el proyecto en orden de PK creciente:

- **PK 0+220.** Línea eléctrica de alta tensión que atraviesa la carretera. No afecta a las obras ya que no hay torres metálicas afectadas y el gálibo bajo el cable es el suficiente para permitir el tránsito de maquinaria y normal desarrollo de las obras.
- **PK 0+240 al 0+320.** Línea eléctrica de baja tensión afectada por el nuevo trazado de la carretera. La longitud afectada es de unos 45 m y 2 postes de hormigón. Deberán retirarse los 2 postes afectados, disponer 2 postes en su nueva ubicación y reponer la línea. La reposición de este servicio corresponde a la empresa eléctrica y se ejecutará lo antes posible para no interferir con el movimiento de tierras. Se prevé realizar esta actividad la semana 18.
- **PK 0+430.** Línea eléctrica de alta tensión que atraviesa la carretera. No afecta a las obras ya que no hay torres metálicas afectadas y el gálibo bajo el cable es el suficiente para permitir el tránsito de maquinaria y normal desarrollo de las obras.
- **PK 0+440.** Línea eléctrica de baja tensión que atraviesa la carretera. No afecta a las obras ya que no hay postes que queden en la nueva explanación de la carretera y el gálibo bajo el cable es el suficiente para permitir el tránsito de maquinaria y normal desarrollo de las obras.
- **PK 0+740 al 0+820.** Línea eléctrica de baja tensión que atraviesa la carretera y cuyos postes no se ven afectados por la explanación de la carretera. El gálibo bajo el cable es el suficiente para permitir el tránsito de maquinaria y normal desarrollo de las obras. Será importante mantener las precauciones para no afectar a 3 postes que, si bien no se ven afectados, quedan cerca del pie del desmonte a ejecutar.
- **PK 0+750.** Línea eléctrica de media tensión afectada por el nuevo trazado de la carretera. La reposición de este servicio consiste en el desmontaje de la torre eléctrica ubicada a la altura de dicho PK y el soterramiento de la línea entre las dos torres colindantes, con una longitud de 385 m. La ejecución de la obra civil necesaria para el soterramiento (arquetas y prisma de hormigón bajo la carretera) se ejecuta por la empresa constructora adjudicataria de la obra. El desmontaje de la línea eléctrica, desmontaje de la torre afectada e instalación de nueva línea se ejecuta por la compañía eléctrica. La ejecución de esta reposición se realizará al inicio de la obra, antes de comenzar a ejecutar el desmonte de la carretera en este PK, ya que la torre queda en medio de la excavación. Se prevé iniciar esta actividad la semana 6 y finalizar la semana 17.
- **PK 1+500.** Línea aérea de alumbrado público que cruza el trazado a la altura de la intersección de Rudagüera (Intersección 2). La longitud afectada es de 65 m, con cuatro luminarias sustentadas en apoyos de hormigón. La reposición de este servicio consiste en disponer 196 m de nuevo tramo de línea subterránea a lo largo de la intersección y 5 nuevos puntos de luz. Esta reposición corresponde a la empresa adjudicataria, sin

perjuicio de poder ser subcontratada a una empresa especializada en iluminación y se ejecutará tras la realización del desmonte en ese punto de la carretera, antes de disponer la explanada del firme. De esta manera se disminuye la excavación necesaria para el soterramiento. Se prevé que esta actuación se lleve a cabo entre las semanas 11 y 14.

- **PK 1+730.** Línea de telefonía que atraviesa la carretera. No afecta a las obras ya que no hay postes afectados por la explanación y el gálibo bajo el cable es el suficiente para permitir el tránsito de maquinaria y normal desarrollo de las obras.
- **PK 5+660.** Línea aérea de alumbrado público que cruza el trazado de la carretera. La longitud afectada es de 175 m, con tres luminarias sustentadas en apoyos de hormigón. La reposición de este servicio consiste en el soterramiento de 205 m de alumbrado público desde el PK 5+630 hasta el final de la obra. Se instalan 6 nuevos puntos de luz. Se repone este servicio al mismo tiempo que la reposición de iluminación del PK 1+500, cuando todavía no se haya empezado el movimiento de tierras en este tramo final. Se prevé su ejecución entre las semanas 6 y 11. Su ejecución corresponde a la empresa adjudicataria, que podrá subcontratar esta actividad.
- **PK 5+720 al 5+830.** Línea eléctrica de baja tensión que atraviesa la carretera y cuyos postes no se ven afectados por la explanación de la carretera. El gálibo bajo el cable es el suficiente para permitir el tránsito de maquinaria y normal desarrollo de las obras. Será importante mantener las precauciones para no afectar a los postes que quedan cerca de la explanación.
- **PK 5+740 al 5+830.** Línea telefónica que atraviesa la carretera, con 3 postes afectados por la nueva explanación de la carretera. Deberá retirarse la línea telefónica, los 3 postes de madera afectados y reponerlos. La reposición de este servicio corresponde a la compañía Telefónica y se realizará al inicio de las obras para permitir el inicio del movimiento de tierras en este punto, siempre antes de la semana 6.

En la siguiente tabla se recoge a modo de resumen lo expuesto con anterioridad:

PK	Servicio	Afectado	Tiempo	Ejecución	Capítulo Presupuesto
0+220	Línea eléctrica de alta tensión	No			
0+240 al 0+320	Línea eléctrica de baja tensión	Sí	Inicio Obra	Viesgo	
0+430	Línea eléctrica de alta tensión	No			
0+440	Línea eléctrica de baja tensión	No			
0+740 al 0+820	Línea eléctrica de baja tensión	No. Atención a los postes.			
0+750	Línea eléctrica de media tensión	Sí	Inicio Obra	Constructora (obra civil) / Viesgo (cable)	Reposiciones y Varios
1+500	Alumbrado público	Sí	Después Mov. Tierras	Subcontrata	Iluminación
1+730	Línea de telefonía	No			
5+660	Alumbrado público	Sí	Inicio Obra	Subcontrata	Iluminación
5+720 al 5+830	Línea eléctrica de baja tensión	No. Atención a los postes.			
5+740 al 5+830	Línea telefónica	Sí	Inicio Obra	Telefónica	

Cabe destacar que, además de los servicios afectados analizados, se incluye en el proyecto una partida alzada con valor de 5.000 € en concepto de restitución de servicios municipales afectados no incluidos en el proyecto (abastecimiento, saneamiento, otra iluminación...).

9.1.2. Partida alzada de abono íntegro para restitución de servicios municipales afectados por obras

Surgirán, como consecuencia de las obras, una serie de servicios afectados que no están contemplados o definidos en el proyecto por falta de datos, falta de precisión, falta de definición en los planos municipales...

Por ello, se incluye esta partida alzada para acarrear con los costes que suponga la restitución de servicios municipales afectados por las obras tales como: iluminación no incluida en el proyecto, abastecimiento, saneamiento...

El valor de esta partida alzada en proyecto es de 5.000 €, se estima un coste de restitución de servicios municipales para la empresa constructora de 4.000 €.

$$\text{Coste de ejecución} = 4.000,00 \text{ €}$$

9.1.3. Arqueta prefabricada para canalización de servicios 50x50x50 cm3

En el PK 0+750 existe una línea aérea de media tensión que se verá afectada por las obras. La reposición de este servicio consiste en el desmontaje de la torre eléctrica ubicada en dicho PK y el soterramiento de la línea entre las dos torres colindantes.

El coste de restitución de este servicio está dividido en dos:

- Desmontaje de línea eléctrica de media tensión e instalación de nueva línea con conductor tipo 240 con dos circuitos, incluyendo la parte proporcional de desmontaje de la torre de sustentación.
- Obra civil necesaria para el soterramiento de la línea eléctrica, compuesta por arquetas prefabricadas y prismas de hormigón HNE-20.

La ejecución de la primera de las actividades descritas corresponde a la compañía eléctrica y, por lo tanto, su coste no vendrá reflejado en el Presupuesto del Proyecto. Este coste sí estará incluido en el Presupuesto para Conocimiento de la Administración, ya que la Administración deberá compensar económicamente a la compañía eléctrica, sin intermediación de la empresa constructora.

La segunda de las actividades se encarga a la empresa constructora adjudicataria de la obra, y por ello sí se incluye en el Presupuesto del Proyecto, en el *Capítulo IX. Reposiciones y Varios*.

La presente unidad de obra corresponde con la ejecución de las arquetas necesarias para el soterramiento de la línea eléctrica descrita. En la siguiente figura se muestra una sección de dicho elemento:

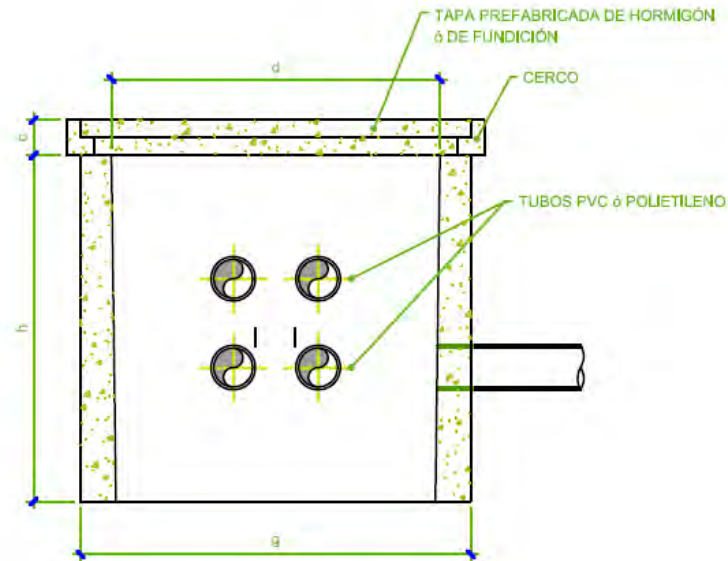


Figura 40. Sección arqueta prefabricada para canalización de servicios.

Para la estimación de los costes de ejecución, se ha partido de la Justificación de Precios del Proyecto y se han imputado los costes esperados, resultando el siguiente desglosado:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0300	h	Capataz	25,00	0,75
0,3000	h	Oficial 1ª	22,00	6,60
0,3000	h	Peón ordinario	18,00	5,40
0,2770	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	1,94
0,1520	m3	Mortero M-450	90,00	13,68
1,0000	ud	Arqueta prefabricada	25,00	25,00
1,0000	ud	Tapa y cerco de fundición de 50x50 cm	55,00	55,00
				108,37

La medición de esta unidad de obra es de 11 ud, considerando un rendimiento de 8 arquetas/semana, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 11 \text{ ud} \cdot 108,37 \text{ €/ud} = 1.192,06 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{11 \text{ ud}}{8 \text{ ud/semana}} = 7 \text{ días}$$

9.1.4. Prisma de hormigón HNE-20 de 0,50 x 0,50 m en canalización para servicios

La presente unidad de obra corresponde con la ejecución del prisma de hormigón para el soterramiento de la línea eléctrica descrita en la unidad de obra anterior. En la siguiente figura se muestra una sección de dicho elemento:

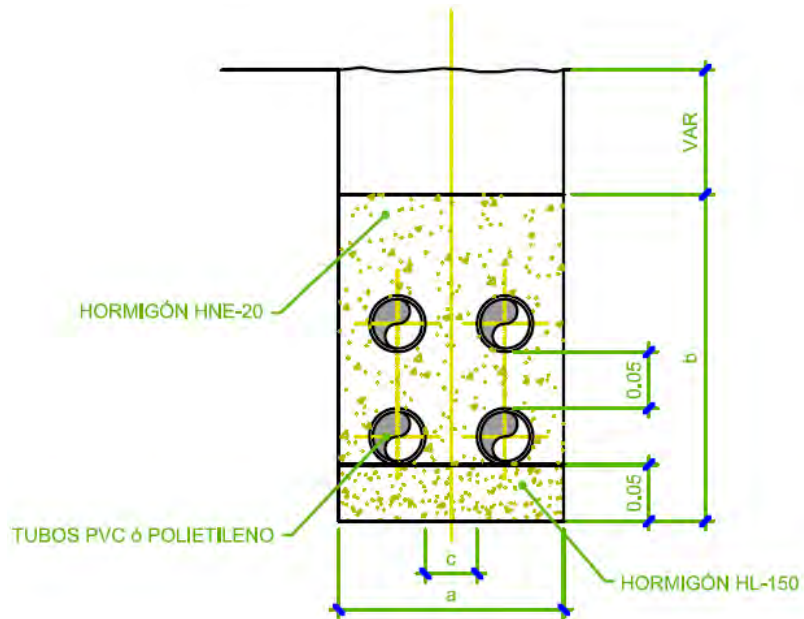


Figura 41. Sección prisma de hormigón para canalización de servicios.

Para la estimación de los costes de ejecución, se ha partido de la Justificación de Precios del Proyecto y se han imputado los costes esperados, resultando el siguiente desglosado:

CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	COSTE	IMPORTE
0,0225	h	Capataz	25,00	0,56
0,0450	h	Oficial 1ª	22,00	0,99
0,0900	h	Peón ordinario	18,00	1,62
0,0900	h	Peón señalista	18,00	1,62
0,5000	m3	Excavación mecánica en zanjas y pozos	7,00	3,50
0,2000	m3	Relleno con productos de excavación	1,50	0,30
0,2500	m3	Hormigón HNE-20/B/20	64,07	16,02
4,0000	m	Tubo corrugado PE 90 mm	2,00	8,00
2,0000	m	Cinta de señalización	0,18	0,36
				32,97

La medición de esta unidad de obra es de 385 m, considerando un rendimiento de 40 m/semana, resulta:

$$\text{Coste de ejecución} = 385 \text{ m} \cdot 32,97 \text{ €/m} = 12.693,45 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{385 \text{ m}}{40 \text{ m/semana}} = 49 \text{ días}$$

9.1.5. Desbroce del terreno

Esta unidad de obra corresponde al desbroce del terreno en la zona donde se ubicará el camino de acceso al vertedero (PK 3+700). Se realizará de manera análoga a lo dispuesto en la unidad *Desbroce del terreno* del *Capítulo I. Explicaciones* del presente documento y se ejecutará paralelamente en el tiempo.

La medición de *Desbroce del terreno* en el camino de acceso a vertedero es de 2.400,00 m² y se estima un coste horario del bulldozer de 70 €/h y un rendimiento de 2000 m²/día, resultando:

$$\text{Coste unitario bulldozer} = \frac{70 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{2000 \text{ m}^2/\text{día}} = 0,35 \text{ €/m}^2$$

$$\text{Coste de ejecución} = 2.400,00 \text{ m}^2 \cdot 0,35 \text{ €/m}^2 = 840,00 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{2.400,00 \text{ m}^2}{2000 \text{ m}^2/\text{día}} = 2 \text{ días}$$

9.1.6. Formación de pedraplén

La sección tipo del camino de acceso a vertedero está compuesta por una capa de 1 m de pedraplén 0/300 mm con productos procedentes de la excavación y sobre ella una capa de 25 cm de zahorra artificial procedente de cantera.

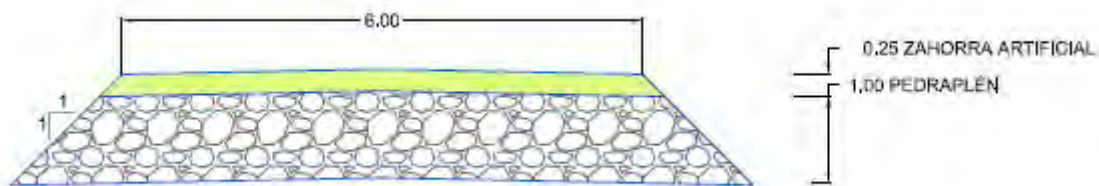


Figura 42. Firme en camino de acceso a vertedero.

La ejecución del pedraplén se realizará de manera análoga a lo dispuesto en la unidad de obra *Formación de pedraplén* del *Capítulo I. Explicaciones* del presente documento. Se ejecutará lo antes posible, cuando se vaya disponiendo de material de excavación adecuado para ello, para así poder comenzar a llevar material a vertedero cuanto antes.

Según lo dispuesto en la unidad de obra *Excavación de la explanación y préstamos. Excavación no clasificada* del *Capítulo I. Explicaciones* del presente documento, el material para la formación del pedraplén del camino de acceso a vertedero procederá del desmonte D20, que será el primero en excavarse.

La formación de pedraplén se realizará en dos tongadas de 50 cm, extendidas por un bulldozer y compactadas por un rodillo compactador. En caso de ser necesario, se aportará humedad mediante un camión cisterna para alcanzar la humedad óptima de compactación.

La medición de esta unidad de obra es de 3.000,000 m³, por lo tanto se obtiene:

$$\text{Coste de ejecución} = 3.000,000 \text{ m}^3 \cdot 1,93 \text{ €/m}^3 = 5.790,00 \text{ €}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = \frac{3.000,000 \text{ m}^3}{700 \text{ m}^3/\text{día}} = 5 \text{ días}$$

9.1.7. Zahorra artificial procedente de cantera

Sobre la capa de pedraplén dispuesta en el camino de acceso a vertedero, se dispondrá una capa de 25 cm de zahorra artificial procedente de cantera.

La ejecución de esta unidad de obra se realizará de manera análoga a lo dispuesto en la unidad de obra *Zahorra artificial procedente de cantera* del Capítulo III. Firmes del presente documento.

Se recogen en esta unidad de obra los costes de compra del material en cantera, transporte en camiones bañera de 24 T, extendido mediante motoniveladora y compactado mediante rodillo compactador.

Se estima un coste del material de cantera de 4,5 €/t y una densidad de 2,26 t/m³.

El material se transportará desde la cantera más cercana a la obra que es la de Caranceja, del grupo Hormisa, situada a una distancia de 2 Km del PK 0+000 de la obra. Se estima un tiempo de ciclo del camión (carga, ida, descarga y vuelta) de 40 min. Considerando un coste horario del camión bañera de 80 €/h, se calcula el coste de transporte que será:

$$\text{Tiempo de ciclo del camión} = 4 \text{ min} + 2 \cdot \left(\frac{2 \text{ Km} + 3,7 \text{ Km}}{20 \text{ Km/h}} \right) + 1 \text{ min} = 40 \text{ min}$$

$$\text{Coste unitario transporte} = \frac{\frac{40}{60} \text{ h} \cdot 80 \text{ €/h}}{24 \text{ t}} = 2,22 \text{ €/t}$$

Por lo tanto, resultan los siguientes costes:

$$\text{Coste unitario material cantera} = 4,5 \text{ €/t} \cdot 2,26 \text{ t/m}^3 = 10,17 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario transporte material cantera} = 2,22 \text{ €/t} \cdot 2,26 \text{ t/m}^3 = 5,02 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario motoniveladora} = \frac{85 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,89 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario rodillo} = \frac{65 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,44 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Coste unitario total} = 10,17 + 5,02 + 1,89 + 1,44 = 18,52 \text{ €/m}^3$$

Con la medición de 600 m³, supone un coste total de ejecución de esta unidad de obra de:

$$\boxed{\text{Coste de ejecución} = 600,000 \text{ m}^3 \cdot 18,52 \text{ €/m}^3 = 11.112,00 \text{ €}}$$

Suponiendo un rendimiento de la motoniveladora de 450 m³/día, el tiempo de ejecución de la capa de zahorra artificial dispuesta en el camino de acceso a vertedero es de:

$$\boxed{\text{Tiempo de ejecución} = \frac{600,000 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3/\text{día}} = 2 \text{ días}}$$

Sumando todas las actividades necesarias para la constitución del camino de acceso a vertedero: desbroce del terreno, formación de capa de pedraplén y formación de capa de zahorra artificial de cantera, resulta un tiempo total de ejecución del camino de **9 días**.

9.1.8. Incremento de calidad de zahorra artificial

De igual manera a lo dispuesto en la unidad de obra homónima del *Capítulo III. Firmes* del presente documento, esta unidad de obra se abonará en caso de que la zahorra, además de cumplir todas las prescripciones especificadas en los apartados 510.2.- “Materiales” y 510.3.- “Tipo y composición del material” del PG-3, tuviera, en al menos el 90 % de los ensayos que realice la dirección de obra un valor del equivalente de arena, según la Norma UNE-EN 933-8, superior en 10 puntos, o más, al valor mínimo especificado en el PPTP del proyecto.

El PPTP exige un equivalente de arena de 40, por tanto, si la zahorra artificial dispuesta tiene un equivalente de arena de 50 o más, se abonará esta unidad.

Se considera que, la zahorra artificial dispuesta en el camino de acceso a vertedero, que proviene de cantera, cumple con este valor y por lo tanto el coste de esta unidad es cero.

10. CAPÍTULO X: GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Este capítulo corresponde a la gestión de todos los residuos generados como consecuencia de las obras.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realiza mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales que cumplirán las especificaciones del RD 105/2008 de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Se prevé la siguiente cantidad de residuos en la obra:

Concepto	Medición (t)	Destino
RCDs NIVEL I		
Tierras y piedras	166.248,87	Vertedero
RCDs NIVEL II		
RCD: Naturaleza no pétreo		
Asfalto	3.342,52	Vertedero
Madera	334,25	Gestor RNP
Hierro y Acero	752,07	Gestor RNP
Cables	83,56	Gestor RNP
Papel	167,13	Gestor RNP
Plástico	334,25	Gestor RNP
RCD: Naturaleza pétreo		
Grava y roca triturada	1.253,44	Vertedero
Arena y arcilla	3.760,33	Vertedero
Hormigón	4.178,15	Vertedero
Cerámicas	208,91	Vertedero
RCD: Basuras		
Residuos biodegradables	467,95	Planta reciclaje RSU
Mezcla de residuos municipales	869,05	Planta reciclaje RSU
RCD: Potencialmente peligrosos		
Absorbentes contaminados	3,34	Gestor RP
Aceites usados	6,69	Gestor RP
Filtros de aceite	3,34	Gestor RP
Pilas alcalinas y salinas	3,34	Gestor RP
Envases contaminados	205,56	Gestor RP
Sobrantes de pintura	66,85	Gestor RP
Sobrantes de desencofrante	25,07	Gestor RP
Baterías de plomo	3,34	Gestor RP
Hidrocarburos con agua	16,71	Gestor RP

La medición de RCD a gestionar, agrupados en residuos homogéneos y heterogéneos, es la siguiente:

Concepto	Medición	Unidad
RCD homogéneos	1.671,26	t
RCD heterogéneos	334,25	t

Este capítulo se subcontrata a una empresa especializada en gestión de residuos de construcción y demolición y se estima un coste del 90 % del precio de proyecto, y por lo tanto resulta:

$$\text{Coste} = 90 \% \text{ de } 40.477,82 = 36.430,04 \text{ €}$$

11. CAPÍTULO XI: PARTIDAS ALZADAS

Se incluyen dos partidas alzadas de abono íntegro para:

Limpieza y terminación de obras, por valor de 12.000 €.

Recoge todas las actividades a llevar a cabo al finalizar las obras, para su limpieza y terminación definitiva:

Acondicionamiento de taludes y márgenes

- Revisar el ataluzado en terraplenes, desmontes y en el revestimiento de los taludes con tierra vegetal, corrigiendo los defectos o cárcavas, en caso de producirse.
- Limpieza de los terrenos adyacentes a los bordes de la explanación de piedras, materiales caídos, restos de hormigón, ferralla, firme antiguo, anclajes de bionda antiguos no utilizados, latiguillos, berenjenos, etc.
- Desbroce mecánico y manual de la obra.

Drenaje

- Limpieza de cunetas y arquetas.
- Limpieza de los cauces naturales en los 50 m aguas arriba y aguas debajo del paso.
- Limpieza del interior de las obras de drenaje transversal, pasos inferiores, etc.
- Trasdoso de las boquillas de salida de las obras de drenaje.

Muros y estructuras

- Retirar puntas y otros restos de acero que alteren la uniformidad del paramento.
- Limpieza de la parte inferior de la estructura de piedras, materiales caídos, restos de hormigón, ferralla, latiguillos, berenjenos, etc.

Señalización

- Tapar las cimentaciones de carteles y señales para que no sea visible el hormigón. En caso de que esto no sea posible, demoler el hormigón de la cimentación y retirarlo a vertedero.
- Retirar la señalización vertical y los carteles informativos de obra, incluidos los carteles institucionales del Gobierno de Cantabria.

Cerramientos

- Revisar y reparar, en su caso, todos los cerramientos.
- Limpieza de materiales, piedras y otros restos caídos a ambos lados de los cierres de fábrica, y comprobación y reparación, en su caso, de los llagueados de dichos cierres.
- En el caso de cierres de estacas y cables, comprobar y realizar, en su caso, el tesado de los cables, y tapar las zapatas de los postes para que no sea visible el hormigón.

Desvíos y accesos provisionales, por valor de 10.000 €.

Incluye todas las actividades, operaciones y elementos necesarios para la ejecución de desvíos provisionales de la carretera por interferencia con las obras y reposición provisional de accesos a fincas, cuando estas se vean afectadas.

La mayor problemática se presentará durante la ejecución de las excavaciones y capas de firme. Se intentará en todo momento mantener el tráfico abierto, con piso adecuado y ancho suficiente, por los dos carriles de circulación de la carretera. Puntualmente en el tiempo, se permitirá la regulación alternativa del tráfico mediante semáforos móviles o la señalización indicada en la *Norma 8.3-IC. Señalización de obras*.

En caso de ser preciso cortar la carretera, deberá solicitarse la pertinente autorización de la Dirección de Obra. El corte total, en su caso, se realizará preferiblemente en fin de semana o por la noche y se desviará el tráfico por el siguiente itinerario alternativo:

- 5,5 Km por la N-634 desde Golbardo hasta la glorieta con la CA-136, a la altura de Puente San Miguel.
- 400 m por la CA-136 hasta la glorieta con la CA-353, a la altura de Villapresente.
- 9,6 Km por la CA-353 hasta Novales.



Figura 43. Itinerario alternativo marcado en color verde.

Para este capítulo, se considera que el coste para la empresa constructora será igual al precio de proyecto, y por lo tanto:

$$\text{Coste} = 22.000,00 \text{ €}$$

12. CAPÍTULO XII: SEGURIDAD Y SALUD

El capítulo de Seguridad y Salud recoge todos los elementos de prevención y evitación de riesgos de accidentes laborales, enfermedades profesionales y daños a terceros que habrán de disponerse durante la ejecución de las obras, así como las instalaciones y atenciones de sanidad y bienestar a disposición de los trabajadores.

El Estudio de Seguridad y Salud del proyecto se redacta en cumplimiento de lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1.997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, teniendo como objetivos la prevención de accidentes laborales, enfermedades profesionales y daños a terceros que las actividades y medios materiales previstos puedan ocasionar durante la ejecución del proyecto.

Tal y como se indicó en el apartado 4. *Actividades del Jefe de Obra* en la *Introducción* del presente documento, la empresa constructora adjudicataria deberá redactar el Plan de Seguridad y Salud, que consiste en la adaptación del Estudio de Seguridad y Salud del proyecto a la obra, maquinaria, tecnología y procesos constructivos de la empresa adjudicataria que se emplearán en la ejecución de las obras. Este documento deberá ser aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección de Obra.

En este capítulo se incluyen las siguientes unidades:

Equipos de protección individual para visitas a obra

Descripción	Medición	Unidad
Casco	20	ud
Botas de seguridad	20	ud
Botas de agua	20	ud
Chaleco alta visibilidad	20	ud

Protecciones colectivas

Descripción	Medición	Unidad
Tope borde excavación	50	ud
Pórtico protector líneas eléctricas	2	ud
Barandilla	50	m
Red de seguridad tipo U	600	m
Escalera de andamio	6	ud
Plataforma de trabajo	2	ud
Valla metálica	10	ud
Valla móvil	60	ud
Pasarela sobre zanja	5	ud
Seta cubre-esperas	100	ud
Malla de balizamiento	1.000	m
Plancha metálica paso vehículos	7	ud
Dispositivo de anclajes	15	m
Señal de advertencia de riesgo	15	ud
Señal de obligación	15	ud
Señal de prohibición	15	ud
Señal lucha contra incendios	15	ud
Señal salvamento o socorro	15	ud
Señal combinada	15	ud

Extintor de polvo ABC	12	ud
Extintor de nieve carbónica	12	ud
Instalación de puesta a tierra	6	ud
Interruptor diferencial	6	ud

Para todo este capítulo se considera un coste para la empresa igual al precio definido en el proyecto, y por lo tanto:

$$\text{Coste} = 15.284,00 \text{ €}$$

13. CAPÍTULO XIII: CONSERVACIÓN DURANTE EL PERIODO DE GARANTÍA

Según la Ley de Contratos del Sector Público, en el mes siguiente a la finalización de las obras, se procede a la Recepción de las Obras por parte de la Administración. Si las obras están en condiciones de ser recibidas, se hace constar en acta, se abren al uso público y se inicia el periodo de garantía, que será el establecido en el PCAP del contrato y nunca inferior a un año. El PCAP del contrato establece un periodo de garantía de 12 meses, el mínimo exigido por la Ley.

Durante este periodo, el contratista deberá:

- Reparar los desperfectos que surjan, que serán a su costa, si son imputables a defectos de construcción.
- Realizar la conservación ordinaria de las obras, incluso con carácter preventivo. Para ello se establece el presente *Capítulo XIII. Conservación durante el periodo de garantía* en el presupuesto del proyecto.

En el proyecto se incluyen unidades de obra correspondientes a las siguientes actividades de conservación:

- **Limpieza de cunetas y firmes:** limpieza manual de cuneta, limpieza de desprendimientos sobre la calzada, señales para señalización de estas actividades.
- **Marcas viales definitivas:** como se comentó en el *Capítulo VI. Señalización, Balizamiento y Defensa*, antes de acabar el periodo de garantía deberán pintarse las marcas viales definitivas, esta vez con pintura termoplástica.
- **Mantenimiento de señalización y balizamiento.**
- **Mantenimiento de defensa.**
- **Mantenimiento de iluminación.**
- **Mantenimiento de plantaciones:** siega y desbroce con desbrozadora autopropulsada y seguimiento medioambiental durante el periodo de garantía.

Para este capítulo se considera un coste para la empresa igual al precio de proyecto, y por lo tanto:

$$\text{Coste} = 51.511,19 \text{ €}$$

14. PLAN DE OBRA

En este apartado, se detalla en primer lugar la cronología de las actividades de la obra semana a semana. Finalmente, se recogen todas estas actividades en un diagrama de Gantt.

Semana 1 (23/03/15 – 27/03/15)

- El inicio de la obra se estima que comenzó el lunes 23 de marzo de 2015. Esto es, según establece la Ley de Contratos del Sector Público, antes de un mes desde la formalización del contrato (27 de febrero de 2015).
- Se inicia con las labores de replanteo y preparación.

Semana 2 (30/03/15 – 03/04/15)

- Inicio del desbroce.
- Tala de árboles.

Semana 3 (06/04/15 – 10/04/15)

- Desbroce.
- Retirada de señales.
- Inicio de retirada de barreras de seguridad.

Semana 4 (13/04/15 – 17/04/15)

- Desbroce.
- Retirada de barreras de seguridad.

Semana 5 (20/04/15 – 24/04/15)

- Desbroce.
- Fin de retirada de barreras de seguridad.
- Retirada de carteles de lamas.

Semana 6 (27/04/15 – 01/05/15)

- Desbroce.
- Inicio de obra civil para soterramiento de la línea eléctrica de MT del PK 0+750.
- Según lo acordado en la reunión de inicio de obra, se requiere a la empresa de iluminación que se ha subcontratado para reposición del alumbrado público afectado a la entrada del pueblo de Novales (PK 5+660).
- Según lo acordado en la reunión de inicio de obra, se requiere a la empresa Telefónica para reposición de la línea telefónica afectada a la entrada del pueblo de Novales (PK 5+740).

Semana 7 (04/05/15 – 08/05/15)

- Desbroce.
- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750 y alumbrado público PK 5+660).

Semana 8 (11/05/15 – 15/05/15)

- Desbroce.
- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750 y alumbrado público PK 5+660).

Semana 9 (18/05/15 – 22/05/15)

- Fin del desbroce.
- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750 y alumbrado público PK 5+660).
- Inicio de los dos equipos de excavaciones: el de excavación en tierras con retroexcavadora + roca con pica pica, empezará por el desmonte D12 y el de excavación en roca con voladura, empezará por el desmonte D20. Se ha ajustado el inicio del movimiento de tierras a finales de la primavera, cuando empieza a hacer buen tiempo, para evitar daños o un retraso en la ejecución por condiciones meteorológicas adversas.
- Una vez se vaya teniendo material para pedraplén, se comienza a ejecutar el camino de acceso al vertedero (PK 3+700).
- Inicio de las dos cuadrillas que ejecutarán los muros de hormigón. Inicio de los muros: 1D y 2I.

Semana 10 (25/05/15 – 29/05/15)

- Fin de la reposición del alumbrado público afectado a la entrada del pueblo de Novales (PK 5+660), la empresa de iluminación seguirá con la reposición del alumbrado público en la intersección de Rudagüera (PK 1+500).
- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750).
- Excavaciones en tierra con retroexcavadora: fin desmonte D12.
- Excavaciones en roca con pica pica: inicio desmonte D16.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D20.
- Muros de hormigón: en ejecución muros 1D y 2I.

Semana 11 (01/06/15 – 05/06/15)

- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750 y alumbrado público PK 1+500).
- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D16.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D20.
- Constitución del vertedero: escollera y capa de grava 12/25.
- Muros de hormigón: fin muro 2I e inicio muro 3I. En ejecución muro 1D.

Semana 12 (08/06/15 – 12/06/15)

- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750 y alumbrado público PK 1+500).
- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D16.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D20.
- Muros de hormigón: fin muro 1D e inicio muro 1I. En ejecución muro 3I.

Semana 13 (15/06/15 – 19/06/15)

- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750 y alumbrado público PK 1+500).
- Excavaciones en roca con pica pica: fin desmonte D16.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D20.
- Muros de hormigón: en ejecución muros 1I y 3I.
- Tubo transversal PVC $\phi 400$ en cruce de calzada PK 5+500.

Semana 14 (22/06/15 – 26/06/15)

- Fin de la reposición del alumbrado público afectado en la intersección de Rudagüera (PK 1+500).
- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750).
- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: inicio desmontes D1, D3 y D5.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D20.
- Muros de hormigón: fin muros 1I y 3I e inicio muros 6I y 7I.
- Inicio obras de drenaje transversal: OD1, OD2 e inicio OD3.

Semana 15 (29/06/15 – 03/07/15)

- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750).
- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: fin desmontes D1, D3 y D5 e inicio desmonte D6.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D20.
- Terraplenes: inicio ejecución terraplenes PK 0+000 al 3+620.
- Muros de hormigón: en ejecución muros 6I y 7I.
- Obras de drenaje transversal: continuación OD3, OD4 y OD5.

Semana 16 (06/07/15 – 10/07/15)

- Reposición de servicios (línea eléctrica PK 0+750).
- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: desmonte D6.
- Excavaciones en roca con voladura: fin desmonte D20 e inicio desmontes D14 y D24.
- Terraplenes: terraplenes PK 0+000 al 3+620.
- Muros de hormigón: fin muro 7I e inicio muro 6D. En ejecución muro 6I.
- Inicio de la cuadrilla que ejecutará los muros de escollera. Inicio del muro 4I.
- Obras de drenaje transversal: OD6, OD7 e inicio OD8.

Semana 17 (13/07/15 – 17/07/15)

- Fin de la obra civil para soterramiento de la línea eléctrica de MT del PK 0+750. Se requiere a la compañía eléctrica para realizar el cableado de la línea eléctrica.
- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: desmonte D6.
- Excavaciones en roca con voladura: fin desmontes D14 y D24 e inicio desmonte D28.
- Terraplenes: terraplenes PK 0+000 al 3+620.

- Muros de hormigón: fin muro 6I e inicio muro 3D. En ejecución muro 6D.
- Muros de escollera: fin muro 4I e inicio muro 7D.
- Obras de drenaje transversal: continuación OD8, OD9 y OD10.

Semana 18 (20/07/15 – 24/07/15)

- Se requiere a la compañía eléctrica para reposición de la línea eléctrica de BT del PK 0+240.
- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: fin desmonte D6 e inicio desmonte D10.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D28.
- Terraplenes: fin terraplenes PK 0+000 al 3+620 e inicio terraplenes PK 3+620 al 5+835.
- Muros de hormigón: fin muros 6D y 3D e inicio muros 5D y 5I.
- Muros de escollera: en ejecución muro 7D.
- Obras de drenaje transversal: OD11, OD12 e inicio OD13.

Semana 19 (27/07/15 – 31/07/15)

- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: desmonte D10.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D28.
- Terraplenes: fin de terraplenes 3+620 al 5+835.
- Pedraplenes: inicio pedraplenes 3+700 al 5+835 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Muros de hormigón: en ejecución muros 5D y 5I.
- Muros de escollera: en ejecución muro 7D.
- Obras de drenaje transversal: continuación OD13, OD14 y OD15.

Semana 20 (03/08/15 – 07/08/15)

- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: fin desmonte D10 e inicio desmontes D7, D8 y D9.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D28.
- Pedraplenes: pedraplenes 3+700 al 5+835 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Muros de hormigón: fin muros 5D y 5I e inicio muro 4D.
- Muros de escollera: en ejecución muro 7D.
- Obras de drenaje transversal: OD16, OD17 e inicio OD18.

Semana 21 (10/08/15 – 14/08/15)

- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: fin desmontes D7, D8 y D9 e inicio desmonte D11.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D28.
- Pedraplenes: pedraplenes 3+700 al 5+835 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Muros de hormigón: en ejecución muro 4D.
- Muros de escollera: en ejecución muro 7D.

- Obras de drenaje transversal: continuación OD18, OD19 y OD20.

Semana 22 (17/08/15 – 21/08/15)

- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: desmonte D11.
- Excavaciones en roca con voladura: fin desmonte D28.
- Pedraplenes: pedraplenes 3+700 al 5+835 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Muros de hormigón: fin muro 4D.
- Muros de escollera: en ejecución muro 7D.
- Obras de drenaje transversal: OD21, OD22 e inicio OD23.

Semana 23 (24/08/15 – 28/08/15)

- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: fin desmonte D11 e inicio desmontes D13, D15, D19 y D21.
- Excavaciones en roca con voladura: ejecución desmontes D2 y D4 e inicio desmonte D26.
- Pedraplenes: fin de pedraplenes 3+700 al 5+835 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Muros de escollera: en ejecución muro 7D.
- Obras de drenaje transversal: continuación OD23, OD24 y OD25.

Semana 24 (31/08/15 – 04/09/15)

- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: fin desmontes D13, D15, D19 y D21 e inicio desmontes D23, D25, D27 y D29.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D26.
- Muros de escollera: en ejecución muro 7D.
- Obras de drenaje transversal: OD26, OD27 e inicio OD28.

Semana 25 (07/09/15 – 11/09/15)

- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: desmontes D23, D25, D27 y D29.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D26.
- Muros de escollera: fin muro 7D e inicio muro 2D.
- Obras de drenaje transversal: continuación OD28, OD29 y OD30.
- Inicio boquillas de ODT: OD1 (2 ud) y OD2 (2 ud).

Semana 26 (14/09/15 – 18/09/15)

- Excavaciones en tierras con retroexcavadora: fin desmontes D23, D25, D27 y D29.
- Excavaciones en roca con pica pica: inicio desmonte D18.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D26.
- Muros de escollera: fin muro 2D.
- Boquillas de ODT: OD3 (1 ud), OD4 (2 ud) y OD5 (1 ud).

Semana 27 (21/09/15 – 25/09/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D26.
- Boquillas de ODT: OD6 (1 ud), OD7 (2 ud) y OD8 (1 ud).

Semana 28 (28/09/15 – 02/10/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Excavaciones en roca con voladura: desmonte D26.
- Boquillas de ODT: OD8 (1 ud), OD9 (2 ud) y OD10 (1 ud).
- Inicio ejecución zanja drenante.

Semana 29 (05/10/15 – 09/10/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Excavaciones en roca con voladura: fin desmonte D26 e inicio desmonte D22.
- Boquillas de ODT: OD11 (1 ud), OD12 (1 ud), OD13 (1 ud) y OD14 (1 ud).
- Zanja drenante.
- Inicio ejecución arquetas.

Semana 30 (12/10/15 – 16/10/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Fin de las excavaciones en roca con voladura: fin desmonte D22.
- Pedraplenes: inicio de pedraplenes 2+440 al 3+700 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Boquillas de ODT: OD15 (2 ud), OD16 (1 ud) y OD17 (1 ud).
- Zanja drenante.
- Arquetas.

Semana 31 (19/10/15 – 23/10/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Pedraplenes: pedraplenes 2+440 al 3+700 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Boquillas de ODT: OD18 (2 ud), OD19 (1 ud) y OD20 (1 ud).
- Zanja drenante.
- Arquetas.

Semana 32 (26/10/15 – 30/10/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Pedraplenes: fin de pedraplenes 2+440 al 3+700 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Boquillas de ODT: OD21 (1 ud), OD22 (1 ud), OD23 (1 ud) y OD24 (1 ud).
- Zanja drenante.

- Arquetas.

Semana 33 (02/11/15 – 06/11/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Boquillas de ODT: OD25 (1 ud), OD26 (1 ud) y OD27 (2 ud).
- Zanja drenante.
- Fin ejecución arquetas e inicio ejecución pozos de registro.

Semana 34 (09/11/15 – 13/11/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Boquillas de ODT: OD28 (2 ud) y OD29 (1 ud).
- Zanja drenante.
- Pozos de registro.

Semana 35 (16/11/15 – 20/11/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Inicio de ejecución colector PVC $\phi 400$.
- Zanja drenante.
- Pozos de registro.

Semana 36 (23/11/15 – 27/11/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Colector PVC $\phi 400$.
- Zanja drenante.
- Pozos de registro.

Semana 37 (30/11/15 – 04/12/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Fin de colector PVC $\phi 400$.
- Zanja drenante.
- Pozos de registro.

Semana 38 (07/12/15 – 11/12/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Zanja drenante.
- Pozos de registro.

Semana 39 (14/12/15 – 18/12/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Fin de zanja drenante.
- Fin de pozos de registro.
- Inicio integración ambiental: extendido de tierra vegetal en taludes y plantaciones.

Semana 40 (21/12/15 – 25/12/15)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Pedraplenes: inicio de pedraplenes 0+000 al 2+440 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Integración ambiental: extendido de tierra vegetal en taludes y plantaciones.

Semana 41 (28/12/15 – 01/01/16)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Pedraplenes: pedraplenes 0+000 al 2+440 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Se requiere a la empresa de malla talud para su disposición en los taludes definidos en proyecto.
- Integración ambiental: extendido de tierra vegetal en taludes y plantaciones.

Semana 42 (04/01/16 – 08/01/16)

- Excavaciones en roca con pica pica: desmonte D18.
- Pedraplenes: pedraplenes 0+000 al 2+440 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Malla talud.
- Integración ambiental: extendido de tierra vegetal en taludes y plantaciones.

Semana 43 (11/01/16 – 15/01/16)

- Fin de excavaciones en roca con pica pica: fin desmonte D18.
- Pedraplenes: fin de pedraplenes 0+000 al 2+440 + zahorra artificial de regularización + riego de imprimación.
- Fin de colocación de malla talud.
- Inicio de ejecución de zahorra artificial para paquete de firmes en la planta móvil de machaqueo y colocación de la misma + riego de imprimación.
- Fin integración ambiental: extendido de tierra vegetal en taludes y plantaciones.

Semana 44 (18/01/16 – 22/01/16)

- Ejecución y colocación de zahorra artificial + riego de imprimación.

Semana 45 (25/01/16 – 29/01/16)

- Ejecución y colocación de zahorra artificial + riego de imprimación.

Semana 46 (01/02/16 – 05/02/16)

- Ejecución y colocación de zahorra artificial + riego de imprimación.

Semana 47 (08/02/16 – 12/02/16)

- Ejecución y colocación de zahorra artificial + riego de imprimación.

Semana 48 (15/02/16 – 19/02/16)

- Ejecución y colocación de zahorra artificial + riego de imprimación.

Semana 49 (22/02/16 – 26/02/16)

- Ejecución y colocación de zahorra artificial + riego de imprimación.

Semana 50 (29/02/16 – 04/03/16)

- Ejecución y colocación de zahorra artificial + riego de imprimación.
- Ejecución de bordillos y piezas de pavimento en isletas (intersecciones PK 0+770 y PK 1+500).

Semana 51 (07/03/16 – 11/03/16)

- Fin de ejecución y colocación de zahorra artificial + riego de imprimación.
- Inicio de ejecución de capa intermedia. Deberá prestarse especial atención a la meteorología para la disposición de capas de mezcla asfáltica.

Semana 52 (14/03/16 – 18/03/16)

- Ejecución de capa intermedia.

Semana 53 (21/03/16 – 25/03/16)

- Fin de ejecución de capa intermedia.
- Demolición de firme en los entronques.
- Inicio de ejecución de capa de rodadura, previa colocación del riego de adherencia. Deberá prestarse especial atención a la meteorología y realizarse por tramos que permitan la ejecución de un sentido de circulación por la mañana y otro por la tarde para realizar el cierre de junta en caliente, según lo dispuesto en el *Capítulo 3. Firmes*.

Semana 54 (28/03/16 – 01/04/16)

- Ejecución de capa de rodadura.

Semana 55 (04/04/16 – 08/04/16)

- Fin de ejecución de capa de rodadura.
- Inicio de las 4 cuadrillas de drenaje superficial: cunetas, trasdosado de cunetas y pasos salvacunetas (vadeables y con rejilla).
- Se requiere a la subcontrata de señalización, balizamiento y defensas, para el inicio de sus tareas.

Semana 56 (11/04/16 – 15/04/16)

- Drenaje superficial (cunetas, trasdosado de cunetas y pasos salvacunetas).
- Señalización, balizamiento y defensas.

Semana 57 (18/04/16 – 22/04/16)

- Drenaje superficial (cunetas, trasdosado de cunetas y pasos salvacunetas).
- Señalización, balizamiento y defensas.

Semana 58 (25/04/16 – 29/04/16)

- Drenaje superficial (cunetas, trasdosado de cunetas y pasos salvacunetas).
- Señalización, balizamiento y defensas.

Semana 59 (02/05/16 – 06/05/16)

- Fin de ejecución de cunetas.
- Drenaje superficial (trasdosado de cunetas y pasos salvacunetas).
- Señalización, balizamiento y defensas.

Semana 60 (09/05/16 – 13/05/16)

- Fin de ejecución de pasos salvacunetas.
- Drenaje superficial (trasdosado de cunetas).
- Señalización, balizamiento y defensas.

Semana 61 (16/05/16 – 20/05/16)

- Fin de ejecución de trasdosado de cunetas.
- Fin de señalización, balizamiento y defensas.
- Inicio limpieza y terminación de obras.

Semana 62 (23/05/16 – 27/05/16)

- Limpieza y terminación de obras.

Semana 63 (30/05/16 – 03/06/16)

- Limpieza y terminación de obras.

Semana 64 (06/06/16 – 10/06/16)

- Limpieza y terminación de obras.

Semana 65 (13/06/16 – 17/06/16)

- Limpieza y terminación de obras.

Semana 66 (20/06/16 – 24/06/16)

- Limpieza y terminación de obras.

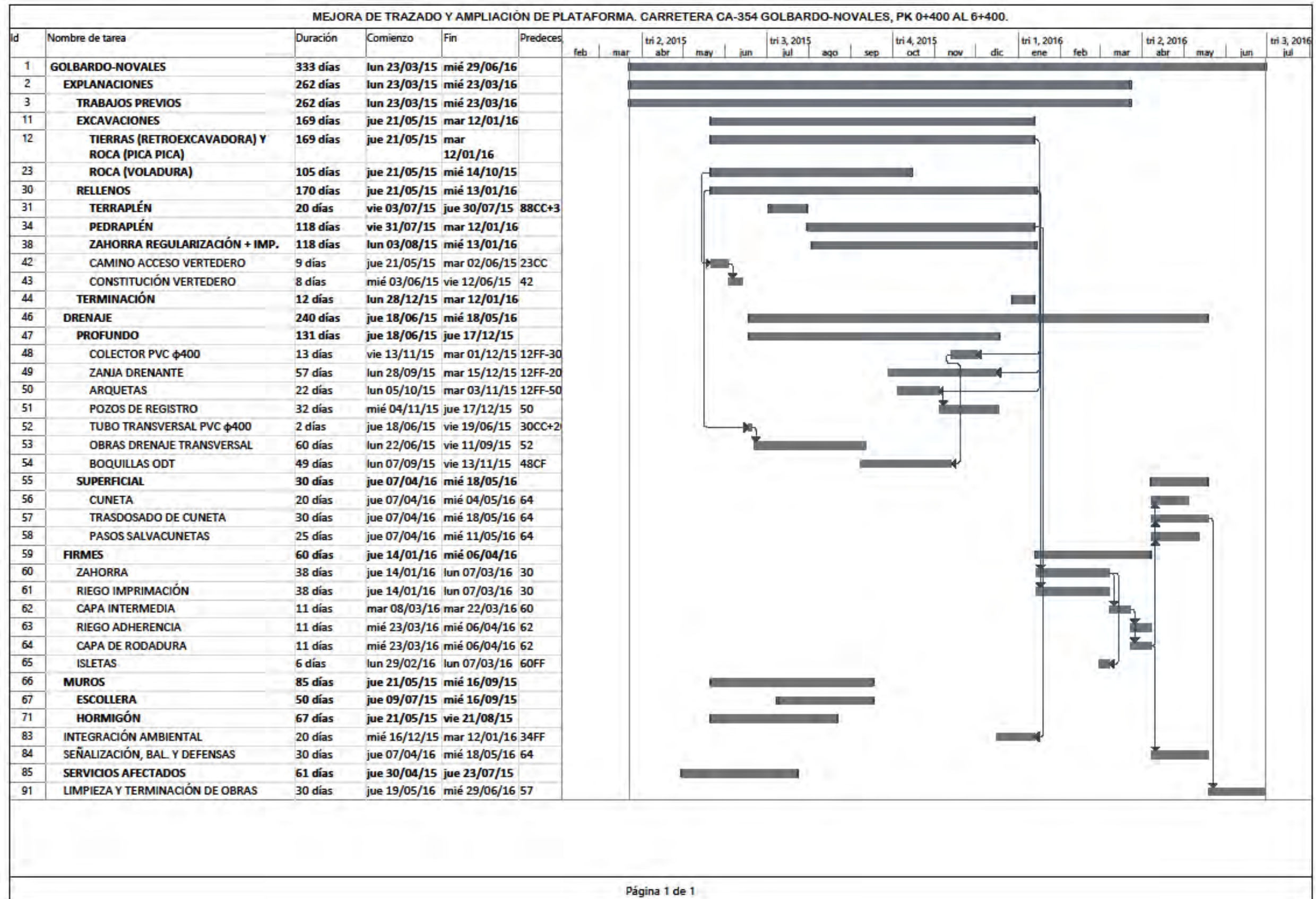
Semana 67 (27/06/16 – 29/06/16)

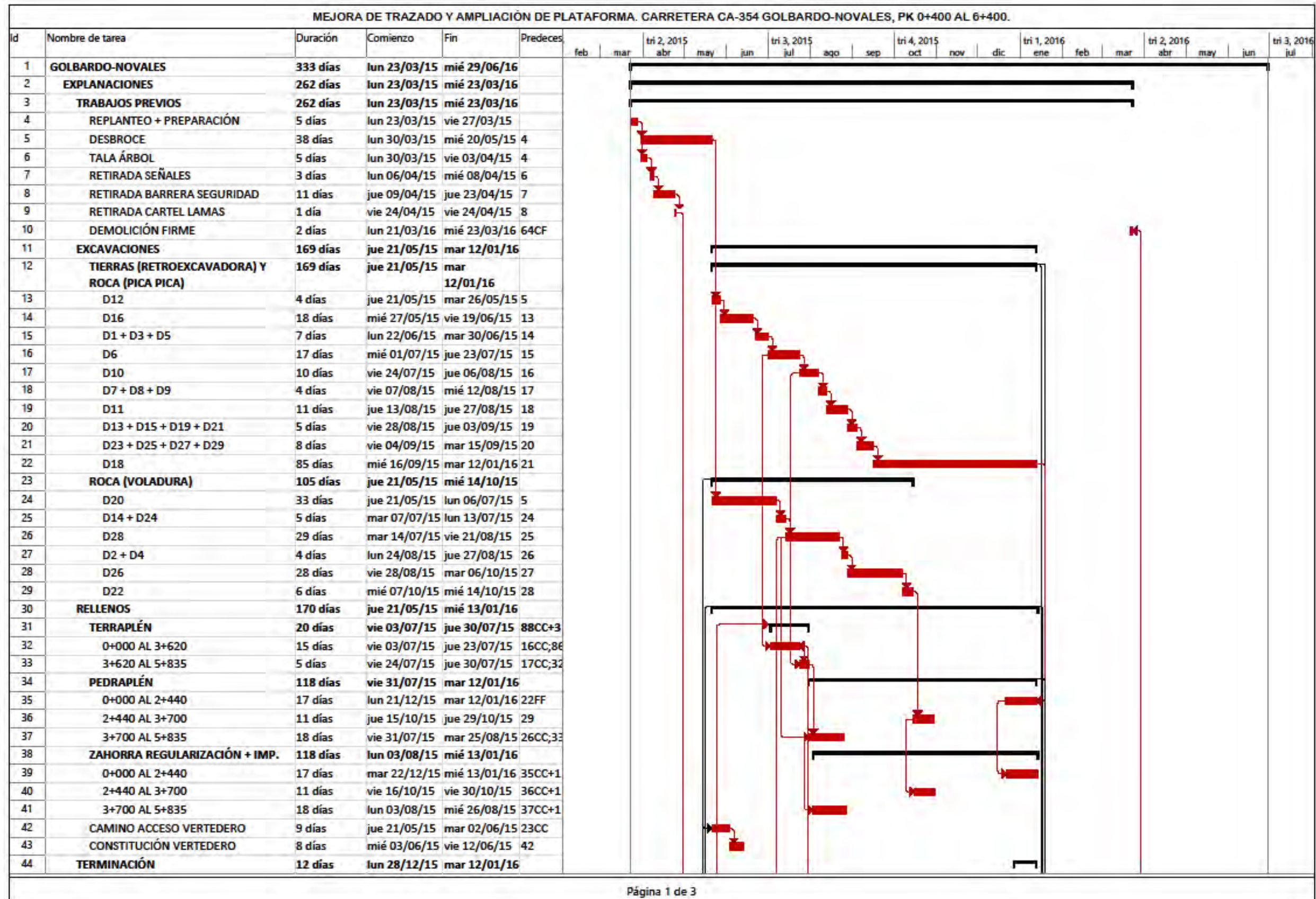
- Limpieza y terminación de obras.
- Entrega de obras y comienzo del plazo de garantía.

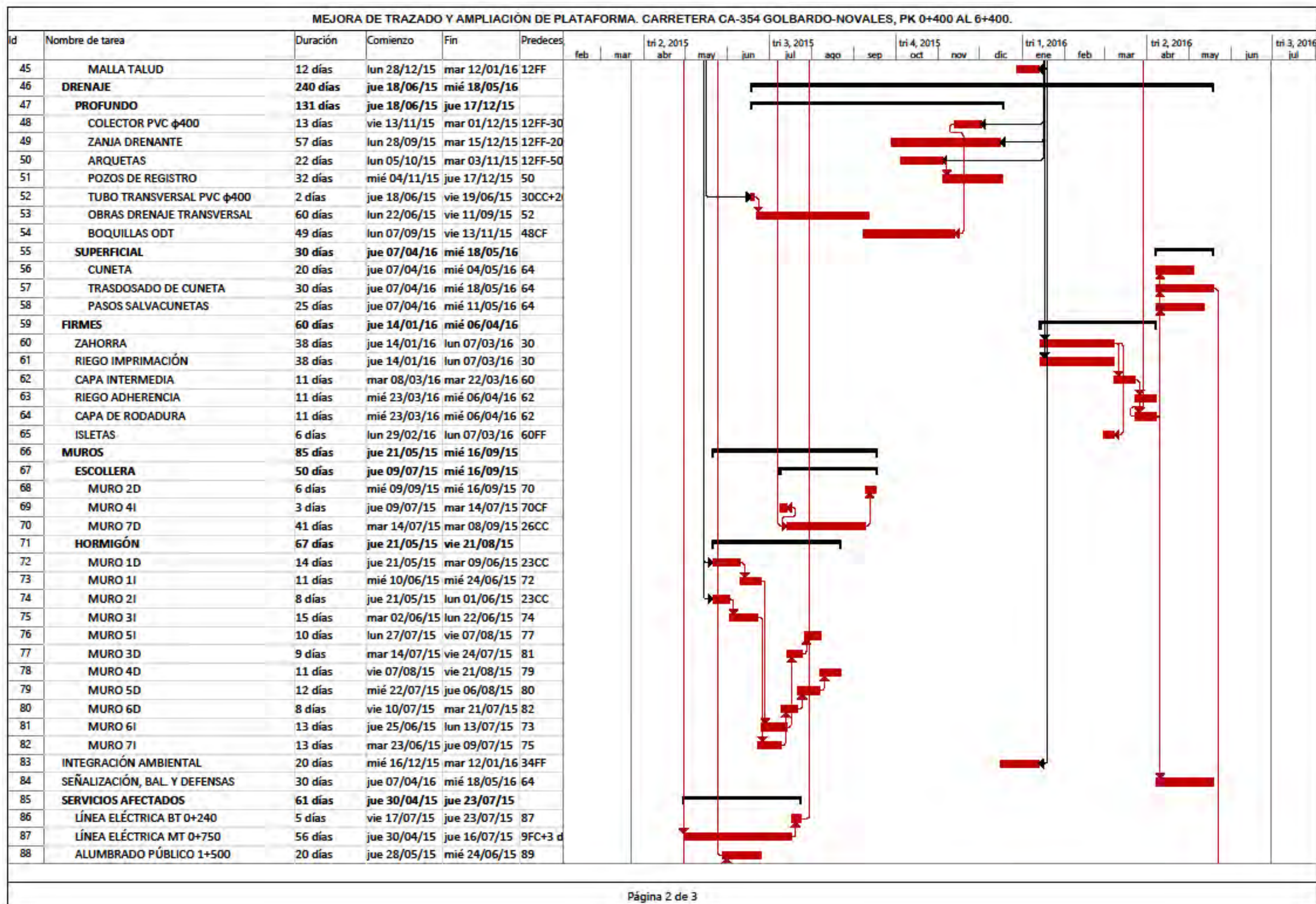
Según los rendimientos justificados en la *Memoria Constructiva* y los solapes entre actividades que se han definido en este apartado, se obtiene un plazo de ejecución de la obra de 15 meses y 1 semana (67 semanas). Este plazo de ejecución es inferior al contractual, que era de 18 meses.

En el *Apartado III. Estudio Económico* del presente documento, siguiendo con la filosofía de ceñirse a lo establecido en el proyecto, se considerará el plazo contractual de 18 meses para el cálculo de los gastos de gestión interna. Será en el *Apartado IV. Propuesta de Alternativas*, cuando ya se tenga en cuenta la reducción del plazo de ejecución como consecuencia de la planificación realizada y el consecuente ahorro en gastos de gestión interna.

A continuación, en las siguientes páginas, se presenta el diagrama de Gantt propuesto para la ejecución de la obra. En primer lugar, en la primera página, se muestra un Plan de Obra reducido, con los principales grupos de actividades de la obra. En las siguientes tres páginas, se presenta el Plan de Obra detallado, desglosando las actividades con mayor trascendencia en la obra.









MEJORA DE TRAZADO Y AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA. CARRETERA CA-354 GOLBARDO-NOVALES, PK 0+400 AL 6+400.																									
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predeces	feb		mar		tri 2, 2015		tri 3, 2015		tri 4, 2015		tri 1, 2016		tri 2, 2016		tri 3, 2016					
						abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul				
89	ALUMBRADO PÚBLICO 5+660	20 días	jue 30/04/15	mié 27/05/15	9FC+3 d																				
90	LÍNEA TELEFÓNICA 5+740	5 días	jue 30/04/15	mié 06/05/15	9FC+3 d																				
91	LIMPIEZA Y TERMINACIÓN DE OBRAS	30 días	jue 19/05/16	mié 29/06/16	57																				

<

III. ESTUDIO ECONÓMICO

Se presenta en la siguiente tabla el resumen de costes directos para cada unidad de obra obtenidos como producto de la medición de proyecto por el coste unitario justificado en la *Memoria Constructiva*.

	UNIDAD DE OBRA	MEDICIÓN	COSTE	IMPORTE
EXPLANACIONES				
Trabajos previos				
m2	Desbroce del terreno	75.966,29	0,35	26.588,20
m3	Demolición de firme mediante fresado en frío	37,50	30,00	1.125,00
ud	Tala de árbol con extracción de tocón	111,00	70,00	7.770,00
ud	Retirada de elemento de señalización vertical con un único poste de sustentación	67,00	3,00	201,00
ud	Retirada de elemento de señalización vertical con dos o más postes de sustentación	25,00	3,00	75,00
ud	Retirada de farola o poste	4,00	80,00	320,00
m	Retirada de barrera de seguridad	3.370,00	3,00	10.110,00
m2	Retirada de lamas de cartel de lamas de acero galvanizado	18,61	30,00	558,36
Excavaciones				
m3	Excavación de la explanación y préstamos. Excavación no clasificada	110.832,58	6,16	682.728,69
Rellenos				
m3	Formación de terraplén	13.415,62	1,93	25.892,15
m3	Formación de pedraplén	31.673,27	1,93	61.129,42
m3	Formación de base de asiento de rellenos mediante escollera	1.351,33	5,33	7.202,59
m3	Formación de capa de filtro con árido de tamaño 12/25 fabricado en obra	1.405,04	9,28	13.038,77
Terminación				
m2	Malla de triple torsión en sujeción de taludes	5.597,18	5,00	27.985,91
			SUBTOTAL	864.725,09
DRENAJE				
Cunetas				
m	Cuneta de hormigón ejecutada en obra tipo VA-75	5.960,00	19,28	114.920,72
m2	Trasdosado de cuneta	1.490,00	11,55	17.212,48
m2	Paso salvacunetas vadeable	1.120,00	29,12	32.617,20
m	Paso salvacunetas con rejilla electrosoldada	140,00	105,15	14.720,79

Tubos, arquetas y sumideros				
m	Tubo de PVC estructurado tipo B corrugado de diámetro nominal 400 mm en sección normal con capa granular en lecho de asiento	387,00	52,31	20.245,63
m	Tubo de hormigón armado de la clase II ASTM de diámetro nominal 1000 mm	267,50	197,26	52.768,24
m	Tubo de hormigón armado de la clase II ASTM de diámetro nominal 1200 mm	62,50	256,23	16.014,51
ud	Pozo de registro de hormigón de dimensiones interiores de 100x140 cm ² , con rejilla, clase C-250	19,00	1.475,22	28.029,24
ud	Arqueta de hormigón para desagüe de cuneta, de dimensiones interiores 100x100 cm ² , clase C-250	13,00	686,60	8.925,85
m	Tubo de PVC estructurado tipo B corrugado de diámetro nominal 400 mm en sección reforzada con hormigón en lecho de asiento	10,00	80,08	800,77
ud	Tímpano, aletas y solera de hormigón para caño de 1000 mm	31,00	1.063,35	32.963,70
ud	Tímpano, aletas y solera de hormigón para caño de 1200 mm	8,00	1.300,78	10.406,21
Drenes subterráneos				
m	Zanja drenante con dren profundo, D-160	2.819,00	22,41	63.169,56

SUBTOTAL 412.794,92

FIRMES

m3	Zahorra artificial fabricada en obra con material procedente la propia excavación o préstamos	10.500,00	11,07	116.235,00
m3	Zahorra artificial procedente de cantera	9.536,88	16,64	158.693,75
m3	Incremento de calidad de zahorra artificial	20.036,89	0,00	0,00
t	Emulsión bituminosa ECI en riego de imprimación	65,83	460,00	30.282,26
t	Mezcla bituminosa en caliente, en capa de base e intermedia	5.513,38	22,00	121.294,36
t	Emulsión bituminosa termoadherente en riego de adherencia	22,11	510,00	11.274,06
t	Mezcla bituminosa en caliente, en capa de rodadura	5.341,06	27,00	144.208,67
t	Betún de cualquier penetración	515,16	400,00	206.062,00
t	Incremento de calidad de árido en capa de rodadura	5.341,06	0,00	0,00
t	Incremento de calidad de regularidad superficial en capa de rodadura	5.341,06	0,00	0,00
m2	Pavimento para vehículos con piezas prefabricadas coloreadas con lecho de asiento de hormigón	205,23	60,00	12.313,74

m	Bordillo prefabricado de hormigón recto o curvo de doble capa C7-R5	128,95	18,00	2.321,08
---	---	--------	-------	----------

SUBTOTAL 802.684,93

MUROS

Muros de escollera

m3	Excavación en zanjas y pozos, tipo 1	4.602,22	5,00	23.011,12
m3	Formación de muro de escollera	2.363,02	10,00	23.630,17
m3	Hormigón HNE-25/B/20 procedente de central puesto en obra mediante vertido	116,30	65,47	7.614,10
m2	Relleno de huecos en paramento de escollera con tierra vegetal	511,26	2,00	1.022,52
m3	Formación de pedraplén	737,98	0,00	0,00

Muros de hormigón en masa

m3	Excavación en zanjas y pozos, tipo 1	64,22	5,00	321,11
m2	Encofrado recto	79,47	20,00	1.589,34
m3	Hormigón HL-150/B/20 procedente de central puesto en obra mediante vertido	2,41	63,34	152,78
m3	Hormigón HNE-25/B/20 procedente de central puesto en obra mediante vertido	25,99	70,47	1.831,52
m	Tubo dren de 160 mm	20,00	13,05	261,07
m3	Relleno localizado de material drenante	29,20	16,06	468,95

Muros de hormigón armado

m3	Excavación en zanjas y pozos, tipo 1	2.155,21	5,00	10.776,07
m3	Hormigón HL-150/B/20 procedente de central puesto en obra mediante vertido	75,48	63,34	4.781,16
m2	Encofrado recto	2.024,66	20,00	40.493,20
m3	Hormigón HA-30/B/20/IIIa procedente de central puesto en obra mediante bombeo	504,36	81,98	41.347,51
m3	Hormigón HA-30/B/20/IIIa procedente de central puesto en obra mediante vertido	56,04	77,98	4.370,00
kg	Acero B 500 S en barras corrugadas	33.417,55	0,85	28.404,92
m	Tubo dren de 160 mm	360,00	13,05	4.699,26
m3	Relleno localizado de material drenante	745,55	18,77	13.993,97

SUBTOTAL 208.768,75

SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO DE OBRA

0,70 25.736,17 18.015,32

SUBTOTAL 18.015,32

SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS

0,70 164.095,34 114.866,74

SUBTOTAL 114.866,74

INTEGRACIÓN AMBIENTAL

0,80 104.971,62 83.977,30

SUBTOTAL 83.977,30

ILUMINACIÓN

0,80 18.749,28 14.999,42

SUBTOTAL 14.999,42

REPOSICIÓN Y VARIOS

PA	Partida alzada para restitución de servicios municipales afectados	1,00	4.000,00	4.000,00
ud	Arqueta prefabricada de 0,50x0,50x0,50 m para canalización de servicios	11,00	108,37	1.192,06
m	Prisma de hormigón HNE-20 de 0,50x0,50 m en canalización de servicios	385,00	32,97	12.693,45
m2	Desbroce del terreno	2.400,00	0,35	840,00
m3	Formación de pedraplén	3.000,00	1,93	5.790,00
m3	Zahorra artificial procedente de cantera	600,00	18,52	11.112,00
m3	Incremento de calidad de zahorra artificial	600,00	0,00	0,00

SUBTOTAL 35.627,51

GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

0,90 40.477,82 36.430,04

SUBTOTAL 36.430,04

PARTIDAS ALZADAS

1,00 22.000,00 22.000,00

SUBTOTAL 22.000,00

SEGURIDAD Y SALUD

1,00 15.284,00 15.284,00

SUBTOTAL 15.284,00

**CONSERVACIÓN DURANTE EL PERIODO DE
GARANTÍA**

1,00 51.511,19 51.511,19

SUBTOTAL 51.511,19

COSTES DIRECTOS TOTALES

2.681.685,20 €

Los costes totales para la empresa constructora serán la suma de:

- Costes Directos: 2.681.685,20 €.
- Gastos de Gestión Interna: 20.000 €/mes. Se considerará, en este primer *Estudio Económico*, el plazo de ejecución de la obra que se establece en el contrato que es de 18 meses.
- Tasas de Estructura: 5,5 % del valor de la venta.
- Tasas de Inspección del Gobierno Regional: 4 % del Presupuesto de Ejecución Material Real.

A continuación, se calculará la baja sobre el Presupuesto Base de Licitación que podría haberse presentado en el proceso de licitación del contrato de la obra, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo.

COSTES DIRECTOS (CD) = 2.681.685,20 €
GASTOS DE GESTIÓN INTERNA (GGI) = 20.000 €/mes · 18 meses = 360.000,00 €
TASAS DE ESTRUCTURA (TE) = 0,055 · PEM · 1,19 · CA
TASAS DE INSPECCIÓN (TI) = 0,04 · PEM · CA
PEM = 3.045.665,34 €
PBL (sin IVA) = 3.624.341,75 €

Por lo tanto:

COSTES TOTALES = CD + GGI + TE + TI = CD + GGI + 0,055 · PEM · 1,19 · CA + 0,04 · PEM · CA
VENTA = PEM · 1,19 · CA

Igualando los costes totales a la venta y despejando el coeficiente de adjudicación:

$CA = \frac{CD + GGI}{PEM \cdot (1,19 - 0,055 \cdot 1,19 - 0,04)} = 0,9208$

$BAJA = (1 - CA) \cdot 100 = (1 - 0,9208) \cdot 100 = 7,92 \%$
--

Por lo tanto, obtenido el coeficiente de adjudicación, la venta será:

$VENTA = PEM \cdot 1,19 \cdot CA = 3.337.426,02 €$
--

En la siguiente tabla se recogen los costes para la empresa:

COSTES DIRECTOS (CD) = 2.681.685,20 €
GASTOS DE GESTIÓN INTERNA (GGI) = 360.000,00 €
TASAS DE ESTRUCTURA (TE) = 183.558,43 €
TASAS DE INSPECCIÓN (TI) = 112.182,39 €
COSTES TOTALES = 3.337.426,02 €

La baja obtenida a partir del presente *Estudio Económico* es del 7,92 %, mucho menor que la baja de la empresa adjudicataria de la obra, que fue del 40,10 %, y que la horquilla de bajas de todas las empresas que optaron al proceso de licitación, que estuvo entre el 15,15 y el 40,10 %.

Esta diferencia puede ser debida a dos causas:

- Ciertas consideraciones que realizaron las empresas que optaron al proceso, gracias a las cuales pueden ejecutar la obra con costes menores.
- Asunción de un cierto riesgo para conseguir ser adjudicatarias.

Para poder presentar una oferta más competitiva en el proceso de licitación, se deberán realizar una serie de consideraciones al proyecto que permitan aumentar la baja y tener más opciones de adjudicación. Ello se realizará en el *Apartado IV. Propuesta de Alternativas* del presente documento, en el que se recogerán propuestas de mejora del proyecto, corrección de errores de medición, consideraciones acerca de ciertas unidades de obra que no se cree necesario ejecutar y propuesta de posibles alternativas para mejorar la oferta económica sin que ello suponga una disminución de la calidad de la obra.

IV.PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

En este último apartado del documento, se presentan una serie de consideraciones que permitan mejorar el balance económico de la obra para la empresa constructora, sin que ello suponga una disminución de la calidad de la obra. Además, se recogen mejoras y correcciones del proyecto, así como nuevas unidades de obra no incluidas en el proyecto, que se consideran necesarias para la correcta ejecución de la obra.

1. Reducción del plazo de ejecución de la obra

El plazo contractual de ejecución de la obra era de 18 meses. Tal y como se justificó en el *Capítulo XIV. Plan de Obra* de la *Memoria Constructiva*, como consecuencia de la planificación realizada, se ha conseguido reducir el plazo de ejecución hasta 15 meses y 1 semana.

Ello supone una reducción de los gastos de gestión interna para la empresa constructora de:

$$\text{Reducción GGI} = 20.000 \text{ €/mes} \cdot (2 \text{ meses y } 3 \text{ semanas}) = -55.000 \text{ €}$$

2. Sustitución de muros de hormigón por muros de escollera

En el proyecto se definen un total de 11 muros de hormigón (9 de hormigón armado y 2 de hormigón en masa). Como el excedente de excavación de material rocoso en la obra es importante, y con la filosofía de no llevar a vertedero material competente, se propone la sustitución de los muros de hormigón por muros de escollera. Ello, además, tiene un enfoque sostenible, reutilizando al máximo el material excavado y disminuyendo la producción de hormigón y cemento.

En la siguiente tabla se presentan los muros de hormigón que se prevé sustituir por muros de escollera:

	Altura media (m)	Longitud (m)
Muro (1I)	2,47	30
Muro (2I)	1,94	10
Muro (3I)	2,70	70
Muro (5I)	1,54	20
Muro (6I)	2,42	50
Muro (7I)	2,62	50
Muro (1D)	2,71	60
Muro (3D)	1,50	10
Muro (4D)	2,89	30
Muro (5D)	2,15	40
Muro (6D)	1,51	10
TOTAL		380

El nuevo coste directo será la suma de los costes de excavación, formación de muro de escollera, hormigón y relleno de huecos con tierra vegetal.

Excavación

Deberá tenerse en cuenta el volumen de excavación de la cimentación del muro. No hay excavación del trasdós ya que son todos muros de sostenimiento, para aguantar el terraplén.

Se considera una superficie transversal media de excavación de cimentación para todos los muros de 2,50 m².

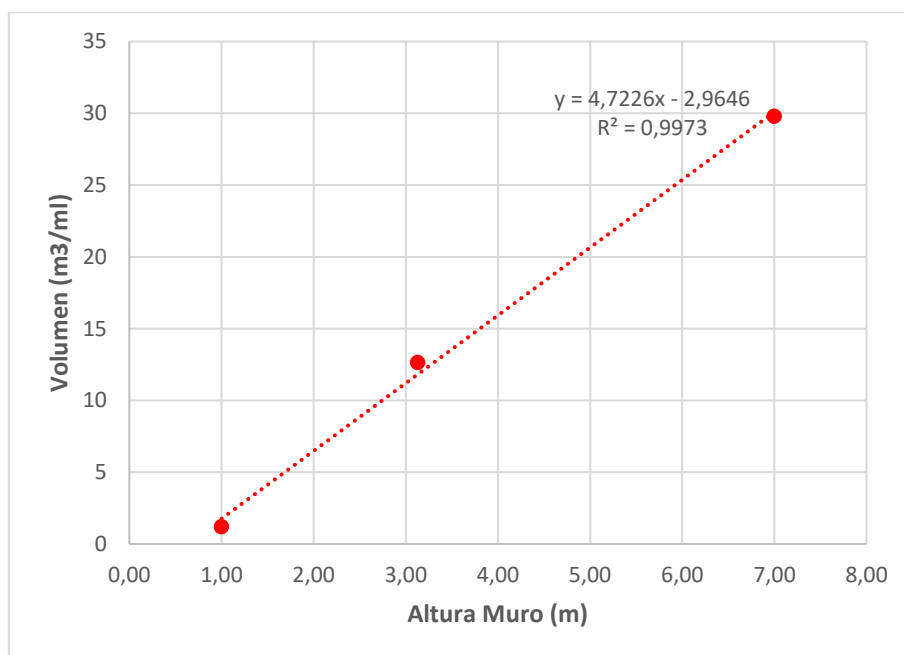
La longitud total de los muros de escollera es de 380 m, por lo tanto se tiene el siguiente volumen de excavación:

$$\text{Volumen de excavación} = 2,50 \text{ m}^2 \cdot 380 \text{ m} = 950 \text{ m}^3$$

$$\text{Coste de Excavación} = 950 \text{ m}^3 \cdot 5 \text{ €/m}^3 = 4.750,00 \text{ €}$$

Formación muro de escollera

Para el cálculo del volumen de formación de muro de escollera necesario en cada caso, se parte de los 3 muros de escollera que incluye el proyecto. Se calcula el volumen de los muros por metro lineal en función de su altura y se dibuja el volumen por metro lineal frente a la altura de muro, resultando la siguiente gráfica:



Se ajusta una recta entre los puntos, que permitirá obtener el volumen por metro lineal para cualquier altura de muro. Con ello, se obtienen los siguientes valores:

	Altura media (m)	Longitud (m)	Volumen (m³/ml)	Volumen (m³)
Muro Escollera (1I)	2,47	30	8,7002	261,01
Muro Escollera (2I)	1,94	10	6,1972	61,97
Muro Escollera (3I)	2,70	70	9,7864	685,05
Muro Escollera (5I)	1,54	20	4,3082	86,16
Muro Escollera (6I)	2,42	50	8,4641	423,20
Muro Escollera (7I)	2,62	50	9,4086	470,43

Muro Escollera (1D)	2,71	60	9,8336	590,02
Muro Escollera (3D)	1,50	10	4,1193	41,19
Muro Escollera (4D)	2,89	30	10,6837	320,51
Muro Escollera (5D)	2,15	40	7,1890	287,56
Muro Escollera (6D)	1,51	10	4,1665	41,67
			TOTAL	3.268,78

El coste de formación de muro de escollera será, por tanto:

$$\text{Coste de Formación de muro} = 3.268,78 \text{ m}^3 \cdot 10 \text{ €/m}^3 = 32.687,80 \text{ €}$$

Hormigón

El coste del hormigón será proporcional al volumen de excavación. Se estima un volumen de huecos del 7 % y, por lo tanto:

$$\text{Volumen de hormigón} = 0,07 \cdot 950 \text{ m}^3 = 66,50 \text{ m}^3$$

$$\text{Coste de Hormigón} = 66,50 \text{ m}^3 \cdot 65,47 \text{ €/m}^3 = 4.353,76 \text{ €}$$

Relleno de huecos con tierra vegetal

Se obtiene el área como producto de la altura media del muro por la longitud:

	Altura media (m)	Longitud (m)	Área (m ²)
Muro Escollera (1I)	2,47	30	74,10
Muro Escollera (2I)	1,94	10	19,40
Muro Escollera (3I)	2,70	70	189,00
Muro Escollera (5I)	1,54	20	20,00
Muro Escollera (6I)	2,42	50	30,80
Muro Escollera (7I)	2,62	50	121,00
Muro Escollera (1D)	2,71	60	131,00
Muro Escollera (3D)	1,50	10	162,60
Muro Escollera (4D)	2,89	30	62,60
Muro Escollera (5D)	2,15	40	15,00
Muro Escollera (6D)	1,51	10	86,70
		TOTAL	1.503,30

$$\text{Coste de Relleno de huecos con tierra} = 1.503,30 \text{ m}^2 \cdot 2 \text{ €/m}^2 = 3.006,60 \text{ €}$$

El coste directo total de la ejecución de estos 9 muros como muros de escollera es:

$$\text{CD Tras Consideraciones} = 4.750,00 + 32.687,80 + 4.353,76 + 3.006,60 = 44.798,16 \text{ €}$$

El coste directo de estos 9 muros si se hubiesen ejecutado de hormigón, como se definía en el proyecto, hubiera sido la suma de los apartados *Muros de hormigón en masa* y *Muros de hormigón armado* (según *Estudio Económico*):

$$\text{CD Antes Consideraciones} = 4.624,76 + 148.866,09 = 153.490,85 \text{ €}$$

Se producirá en consecuencia una disminución del PEM. El nuevo PEM será la suma de los precios de proyecto de excavación, formación de muro de escollera, hormigón y relleno de huecos con tierra vegetal por la medición correspondiente.

$$\text{PEM Excavación} = 950 \text{ m}^3 \cdot 4,81 \text{ €/m}^3 = 4.569,50 \text{ €}$$

$$\text{PEM Formación de muro} = 3.268,78 \text{ m}^3 \cdot 15,55 \text{ €/m}^3 = 50.829,53 \text{ €}$$

$$\text{PEM Hormigón} = 66,50 \text{ m}^3 \cdot 71,63 \text{ €/m}^3 = 4.763,40 \text{ €}$$

$$\text{PEM Relleno de huecos con tierra} = 1.503,30 \text{ m}^2 \cdot 1,52 \text{ €/m}^2 = 2.285,02 \text{ €}$$

$$\text{PEM Tras Consideraciones} = 4.569,50 + 50.829,53 + 4.763,40 + 2.285,02 = 62.447,45 \text{ €}$$

CD	Antes Consideraciones	153.490,85 €
	Después Consideraciones	44.798,16 €
	Reducción CD	-108.692,69 €
PEM	Antes Consideraciones	157.796,42 €
	Después Consideraciones	62.447,45 €
	Reducción PEM	-95.348,97 €

3. Reducción del espesor de pedraplén en zonas de desmonte en roca

La disposición de pedraplén sobre un desmonte en roca no tiene función estructural sino simplemente la de regularizar la superficie y evitar problemas de punzonamiento sobre el firme flexible que se va a disponer en la carretera. Por ello, se propone reducir el espesor de esta capa en desmontes en roca en trinchera, pasando de 70 cm a 50 cm de pedraplén.

Esta consideración supone un doble ahorro, por una parte, deberá disponerse menos material de pedraplén y por otra parte, se excavará 20 cm menos, manteniendo así la cota de la rasante de la carretera según lo proyectado.

Existen 6 tramos en los que se cumple la doble condición de ser excavación en trinchera y además en roca, en los que se podrá aplicar esta consideración. Estos tramos son los indicados en tablas inferiores y corresponden con parte de los desmontes D18, D20, D22, D24, D26 y D28.

Reducción excavación

Se calcula en primer lugar la superficie transversal dejada de excavar en función del talud:

Maquinaria	Talud	Reducción Área (m ²)
Pica pica	1:1	1,340
Voladura	3:1	1,980

En la siguiente tabla se calcula la reducción de volumen de excavación:

PK Inicial	PK Final	Longitud (m)	Desmonte	Maquinaria	Talud	Reducción Excavación (m ³)
3+400	3+500	100	D18	Pica pica	1:1	134,000
3+700	3+860	160	D20	Voladura	3:1	210,080
3+900	3+980	80	D22	Voladura	3:1	105,040
4+160	4+200	40	D24	Voladura	3:1	52,520
4+240	4+925	685	D26	Voladura	3:1	899,405
5+040	5+160	120	D28	Voladura	3:1	157,560
		1.185			TOTAL	1.558,605

$$\text{Reducción CD Excavación pica pica} = 134,000 \text{ m}^3 \cdot 14,15 \text{ €/m}^3 = -1.896,10 \text{ €}$$

$$\text{Reducción CD Excavación voladura} = 1.424,605 \text{ m}^3 \cdot 5,74 \text{ €/m}^3 = -8.177,23 \text{ €}$$

Reducción formación de pedraplén

Se calcula en primer lugar la superficie transversal dejada de disponer por reducción del espesor de pedraplén:

Elemento	Talud	Reducción Área (m ²)
Pedraplén	1:2	1,380

La longitud total en que se podrá aplicar esta consideración es de 1.185 m, por lo tanto se obtiene la siguiente reducción de pedraplén:

$$\text{Reducción volumen de pedraplén} = 1,38 \text{ m}^2 \cdot 1.185 \text{ m} = 1.635,30 \text{ m}^3$$

$$\boxed{\text{Reducción CD Pedraplén} = 1.635,30 \text{ m}^3 \cdot 1,93 \text{ €/m}^3 = -3.156,13 \text{ €}}$$

Esta consideración llevará asociada una disminución del PEM para la Administración. Por lo tanto:

$$\boxed{\text{Reducción PEM Excavación} = 1.558,605 \text{ m}^3 \cdot 6,44 \text{ €/m}^3 = -10.037,42 \text{ €}}$$

$$\boxed{\text{Reducción PEM Pedraplén} = 1.635,30 \text{ m}^3 \cdot 1,90 \text{ €/m}^3 = -3.107,07 \text{ €}}$$

CD	<i>Reducción pica pica</i>	-1.896,10 €
	<i>Reducción voladura</i>	-8.177,23 €
	<i>Reducción pedraplén</i>	-3.156,13 €
	<i>Reducción CD</i>	-13.229,46 €
PEM	<i>Reducción excavación</i>	-10.037,42 €
	<i>Reducción pedraplén</i>	-3.107,07 €
	<i>Reducción PEM</i>	-13.144,49 €

4. Reducción del espesor de zahorra artificial y proveniencia de excavación de la propia obra

El proyecto define una explanada mejorada compuesta por 70 cm de pedraplén y 10 cm de zahorra de regularización. Se cataloga esta explanada como E25, con características intermedias entre la E2 y la E3 definidas en la *Norma 6.1-IC. Secciones de firme*, pero se dimensiona el paquete de firmes como si fuese una explanada E2.

Se considera que el material dispuesto como explanada mejorada en la carretera, proveniente de la propia excavación de la obra, es muy competente y que cumplirá los requerimientos para catalogarse como explanada E3. Ello supone que, según la *Norma 6.1-IC. Secciones de firme*, se pueda reducir la zahorra artificial dispuesta en el paquete de firmes de 30 a 20 cm.

Esta medida, al igual que la anterior, supone un doble ahorro: por un lado la reducción de la zahorra y por otro la reducción de 10 cm de excavación en desmontes. Sin embargo, en zonas de rellenos, habrá de disponerse 10 cm más de pedraplén que sustituyan al espesor de zahorra eliminado, manteniendo así la cota de la rasante de la carretera según proyecto. En zonas a media ladera, por una parte se excavará menos pero se deberá compensar con un aumento del pedraplén en la otra parte.

Además, como se mostrará más adelante, se cuenta con material suficiente de excavación para reutilizar como zahorra, previo machaqueo en la planta móvil de áridos, no teniendo que comprarla en cantera. Por tanto, toda la zahorra dispuesta en los firmes será fabricada en obra, de reutilización de la excavación.

Reducción de zahorra artificial

El volumen de zahorra artificial a disponer según el proyecto es de 20.036,89 m³. La reducción de 10 cm de espesor de zahorra supone una reducción del volumen de aproximadamente 1/3 del inicial, por lo tanto quedaría:

$$\text{Volumen de zahorra} = 20.036,89 \text{ m}^3 \cdot 2/3 = 13.357,93 \text{ m}^3$$

$$\boxed{\text{CD Tras Consideraciones} = 13.357,93 \text{ m}^3 \cdot 11,07 \text{ €/m}^3 = 147.872,29 \text{ €}}$$

Si se hubiesen dispuesto los 30 cm definidos en el proyecto y con la proveniencia ahí definida (10.500 m³ de excavación y 9.536,88 m³ de cantera) el coste directo hubiera sido la suma de las unidades de obra *Zahorra artificial fabricada en obra con material procedente de la propia excavación o préstamos* y *Zahorra artificial procedente de cantera* definidas en el *Estudio Económico*:

$$\boxed{\text{CD Antes Consideraciones} = 116.235,00 + 158.693,75 = 274.928,75 \text{ €}}$$

Por lo tanto, la reducción del coste directo de zahorra artificial como consecuencia de esta consideración es de:

$$\boxed{\text{Reducción CD zahorra} = 274.928,75 - 147.872,29 = -127.056,46 \text{ €}}$$

Reducción excavación

Para el cálculo de los volúmenes de excavación que no se ejecutarán gracias a esta consideración, deberá dividirse la carretera en: zonas de desmonte en trinchera, zonas de rellenos y zonas a media ladera.

En las zonas de desmonte en trinchera, la excavación se reducirá lo indicado en la tabla inferior. En las zonas a media ladera, se considera como aproximación que la reducción de excavación será la mitad de lo dispuesto en la tabla inferior (que sería para el caso de excavación en toda la anchura de la sección transversal).

Elemento	Talud	Reducción Área (m ²)
Desmonte en roca (voladura)	3:1	0,328
Desmonte en roca (pica pica)	1:1	0,660
Desmonte en tierras (retro)	1:1	0,660

En la siguiente tabla se recogen las zonas catalogadas como desmontes en trinchera (en roca y en tierras) y las zonas a media ladera, con la correspondiente reducción del volumen de excavación:

PK Inicial	PK Final	Catalogación	Longitud (m)	Maquinaria	Talud	Reducción Excavación (m3)
0+000	0+100	Media Ladera	100	Retro	1:1	33,00
0+460	0+560	Trinchera Tierras	100	Retro	1:1	66,00
0+560	0+660	Media Ladera	100	Retro	1:1	33,00
0+700	0+920	Trinchera Tierras	220	Retro	1:1	145,20
0+920	1+380	Media Ladera	460	Retro	1:1	151,80
1+380	1+580	Trinchera Tierras	200	Retro	1:1	132,00
1+580	1+840	Media Ladera	260	Retro	1:1	85,80
2+680	2+860	Media Ladera	180	Retro	1:1	59,40
2+860	2+900	Trinchera Tierras	40	Retro	1:1	26,40
2+900	3+400	Media Ladera	500	Pica pica	1:1	330,00
3+400	3+500	Trinchera Roca	100	Pica pica	1:1	66,00
3+700	3+860	Trinchera Roca	160	Voladura	3:1	52,48
3+860	3+900	Trinchera Tierras	40	Retro	1:1	26,40
3+900	3+980	Trinchera Roca	80	Voladura	3:1	26,24
3+980	4+160	Media Ladera	180	Voladura	3:1	59,04
4+160	4+200	Trinchera Roca	40	Voladura	3:1	13,12
4+200	4+240	Media Ladera	40	Voladura	3:1	13,12
4+240	4+925	Trinchera Roca	685	Voladura	3:1	224,68
4+925	5+040	Media Ladera	115	Voladura	3:1	37,72
5+040	5+160	Trinchera Roca	120	Voladura	3:1	39,36
5+160	5+520	Media Ladera	360	Voladura	3:1	118,08
5+700	5+835	Media Ladera	135	Retro	1:1	44,55
Retro						803,55
Pica pica						396,00
Voladura						583,84

$$\text{Reducción CD Excavación retro} = 803,550 \text{ m}^3 \cdot 4,21 \text{ €/m}^3 = -3.382,95 \text{ €}$$

$$\text{Reducción CD Excavación pica pica} = 396,000 \text{ m}^3 \cdot 14,15 \text{ €/m}^3 = -5.603,40 \text{ €}$$

$$\text{Reducción CD Excavación voladura} = 583,840 \text{ m}^3 \cdot 5,74 \text{ €/m}^3 = -3.351,24 \text{ €}$$

$$\text{Reducción CD Excavación} = -3.382,95 - 5.603,40 - 3.351,24 = -12.337,59 \text{ €}$$

Incremento formación de pedraplén

En las zonas catalogadas como rellenos, el pedraplén se incrementará lo indicado en la tabla inferior. En las zonas a media ladera, se considera como aproximación que el incremento de pedraplén será la mitad de lo dispuesto en la tabla inferior (que sería para el caso de pedraplén en toda la anchura de la sección transversal), de manera análoga a la reducción de excavación.

Elemento	Talud	Reducción Área (m ²)
Terraplén	1:2	0,345

En la siguiente tabla se recogen las zonas catalogadas como terraplén y las zonas a media ladera, con el correspondiente incremento del volumen de pedraplén:

PK Inicial	PK Final	Catalogación	Longitud (m)	Talud	Incremento Pedraplén (m ³)
0+000	0+100	Media Ladera	100	2:1	34,50
0+100	0+460	Relleno	360	2:1	124,20
0+560	0+660	Media Ladera	100	2:1	34,50
0+660	0+700	Relleno	40	2:1	13,80
0+920	1+380	Media Ladera	460	2:1	158,70
1+580	1+840	Media Ladera	260	2:1	89,70
1+840	2+680	Relleno	840	2:1	289,80
2+680	2+860	Media Ladera	180	2:1	62,10
2+900	3+400	Media Ladera	500	2:1	172,50
3+500	3+700	Relleno	200	2:1	69,00
3+980	4+160	Media Ladera	180	2:1	62,10
4+200	4+240	Media Ladera	40	2:1	13,80
4+925	5+040	Media Ladera	115	2:1	39,68
5+160	5+520	Media Ladera	360	2:1	124,20
5+520	5+700	Relleno	180	2:1	62,10
5+700	5+835	Media Ladera	135	2:1	46,58
				TOTAL	1.397,25

$$\text{Incremento CD pedraplén} = 1.397,25 \text{ m}^3 \cdot 1,93 \text{ €/m}^3 = 2.696,69 \text{ €}$$

Se considera que la Administración acepta esta consideración y que pagará la zavorra realmente dispuesta como *Zavorra artificial fabricada en obra con material procedente la propia excavación o préstamos*. Además, se reducirá el pago de la Administración de la unidad de obra *Incremento de calidad de zavorra artificial* en consecuencia.

También variará el PEM en las unidades de *Excavación y Formación de pedraplén*.

Se tiene, por tanto:

$$\text{PEM ZA Tras Consideraciones} = 13.357,93 \text{ m}^3 \cdot 10,91 \text{ €/m}^3 = 145.735,02 \text{ €}$$

$$\text{Reducción PEM ZA} = 286.218,91 - 145.735,02 = -140.483,89 \text{ €}$$

$$\text{PEM Calidad ZA Tras Consideraciones} = 13.357,93 \text{ m}^3 \cdot 4,00 \text{ €/m}^3 = 53.431,72 \text{ €}$$

$$\text{Reducción PEM Calidad ZA} = 80.147,54 - 53.431,72 = -26.715,82 \text{ €}$$

$$\text{Reducción PEM Excavación} = 1.783,39 \text{ m}^3 \cdot 6,44 \text{ €/m}^3 = -11.485,03 \text{ €}$$

$$\text{Incremento PEM Pedraplén} = 1.397,25 \text{ m}^3 \cdot 1,90 \text{ €/m}^3 = +2.654,78 \text{ €}$$

CD	Reducción ZA	-127.056,46 €
	Reducción excavación	-12.337,59 €
	Aumento pedraplén	+2.696,69 €
	Reducción CD	-136.697,36 €
PEM	Reducción ZA	-140.483,89 €
	Reducción calidad ZA	-26.715,82 €
	Reducción excavación	-11.485,03 €
	Aumento pedraplén	+2.654,78 €
	Reducción PEM	-176.029,96 €

5. Ejecución de desmonte D18 con voladura

El desmonte D18, situado entre los PK 3+400 y 3+500, tiene un volumen de excavación de 10.099,28 m³. En principio, y según lo establecido en la *Memoria Constructiva* estaba previsto excavarlo con retroexcavadora con pica pica.

Debido al importante volumen de excavación del desmonte y a la inexistencia de ningún condicionante que impida su ejecución con explosivo, se propone excavar este desmonte con voladura.

Esto supondrá la siguiente reducción del coste directo de ejecución de esta unidad de obra:

$$\text{CD Desmonte D18 Antes Consideraciones} = 10.099,28 \text{ m}^3 \cdot 14,15 \text{ €/m}^3 = 142.904,81 \text{ €}$$

$$\text{CD Desmonte D18 Tras Consideraciones} = 10.099,28 \text{ m}^3 \cdot 5,74 \text{ €/m}^3 = 57.969,87 \text{ €}$$

No habrá variación del PEM ya que la excavación, independientemente de los medios con los que se ejecute, se recoge en el proyecto en una única unidad de obra.

CD	Antes Consideraciones	142.904,81 €
	Después Consideraciones	57.969,87 €
	Reducción CD	-84.934,94 €
PEM	Reducción PEM	0 €

6. Sustitución vertedero PK 3+700

Se propone sustituir el vertedero ubicado en el PK 3+700 por otro ubicado en el PK 4+100, en una finca en la margen izquierda de la carretera en la que no hay que realizar el tratamiento geotécnico en el fondo de vertedero (escollera más grava 12/25) ni el camino de acceso a vertedero ya que existe un camino transitable.



Figura 44. Vvertedero alternativo PK 4+100.

De esta manera, el ahorro total de coste directo será la suma de ahorros en escollera para fondo de vertedero, grava para fondo de vertedero, pedraplén para camino de acceso a vertedero y zavorra para camino de acceso a vertedero.

Existía también una unidad de obra de *Desbroce* en el vertedero del PK 3+700. Esta medición se decide mantener ya que puede ser necesario en la nueva ubicación del vertedero.

$$\text{Reducción CD Escollera} = 979,210 \text{ m}^3 \cdot 5,33 \text{ €/m}^3 = -5.219,19 \text{ €}$$

$$\text{Reducción CD Grava} = 1.271,160 \text{ m}^3 \cdot 9,28 \text{ €/m}^3 = -11.796,36 \text{ €}$$

$$\text{Reducción CD Pedraplén} = 3.000 \text{ m}^3 \cdot 1,93 \text{ €/m}^3 = -5.790,00 \text{ €}$$

$$\text{Reducción CD Zavorra} = 600 \text{ m}^3 \cdot 18,52 \text{ €/m}^3 = -11.112,00 \text{ €}$$

De manera análoga, se producirá una reducción del PEM para la Administración, que además de las unidades de obra anteriores se ahorrará el *Incremento de calidad de zavorra artificial*.

$$\text{Reducción PEM Escollera} = 979,210 \text{ m}^3 \cdot 6,01 \text{ €/m}^3 = -5.885,05 \text{ €}$$

$$\text{Reducción PEM Grava} = 1.271,160 \text{ m}^3 \cdot 12,90 \text{ €/m}^3 = -16.397,96 \text{ €}$$

$$\text{Reducción PEM Pedraplén} = 3.000 \text{ m}^3 \cdot 1,90 \text{ €/m}^3 = -5.700,00 \text{ €}$$

$$\text{Reducción PEM Zahorra} = 600 \text{ m}^3 \cdot 18,00 \text{ €/m}^3 = -10.800,00 \text{ €}$$

$$\text{Reducción PEM Calidad Zahorra} = 600 \text{ m}^3 \cdot 4,00 \text{ €/m}^3 = -2.400,00 \text{ €}$$

CD	<i>Reducción escollera</i>	-5.219,19 €
	<i>Reducción grava 12/25</i>	-11.796,36 €
	<i>Reducción pedraplén</i>	-5.790,00 €
	<i>Reducción ZA</i>	-11.112,00 €
	<i>Reducción CD</i>	-33.917,55 €
PEM	<i>Reducción escollera</i>	-5.885,05 €
	<i>Reducción grava 12/25</i>	-16.397,96 €
	<i>Reducción pedraplén</i>	-5.700,00 €
	<i>Reducción ZA</i>	-10.800,00 €
	<i>Reducción calidad ZA</i>	-2.400,00 €
	<i>Reducción PEM</i>	-41.183,01 €

7. Sustitución del terraplén por pedraplén

Tras las consideraciones 2 a 7, que afectan al movimiento de tierras, se obtiene el siguiente balance:

La cantidad de roca a excavar según lo dispuesto en la *Memoria Constructiva* era de 73.808,760 m³. Tras las consideraciones, es la siguiente:

	Volumen (m ³)
Excavación Roca (Memoria Constructiva)	73.808,760
Reducción Excavación Roca (Consideración 3)	-1.558,605
Reducción Excavación Roca (Consideración 4)	-979,840
EXCAVACIÓN ROCA Tras Consideraciones	71.270,315

La cantidad de roca necesaria para escolleras, zahorra, pedraplén... según lo dispuesto en la *Memoria Constructiva* era de 52.398,857 m³. Tras las consideraciones, es la siguiente:

	Volumen (m ³)
Roca Necesaria (Memoria Constructiva)	52.398,857
Incremento Muros Escollera (Consideración 2)	3.268,780
Reducción Pedraplén (Consideración 3)	-1.635,300
Incremento ZA de obra (Consideración 4)	2.857,930
Incremento pedraplén (Consideración 4)	1.397,250
Reducción Escollera (Consideración 6)	-979,210
Reducción Grava (Consideración 6)	-1.271,160
Reducción Pedraplén (Consideración 6)	-3.000,000
ROCA NECESARIA Tras Consideraciones	53.037,147

Por lo tanto, se tiene:

	Volumen (m ³)
Material DISPONIBLE	71.270,315
Material NECESARIO	53.037,147
Material SOBRANTE	18.233,168

La medición de terraplén del proyecto es de 13.415,62 m³. Se propone sustituir íntegramente el terraplén por material tipo pedraplén, para reutilizar así al máximo y minimizar la llevada a vertedero del material más competente. De esta manera se llevará a vertedero el excedente de material competente más la totalidad del material tipo terraplén. Con esta medida, mejora la calidad de la obra proyectada, consiguiéndose una mayor capacidad portante del terreno bajo la carretera.

Esta consideración supondrá un aumento del coste directo para la empresa constructora, ya que, aunque la formación de terraplén y pedraplén tienen el mismo coste, la distancia de transporte de este material desde su punto de excavación hasta su colocación será mayor que si se conduce a vertedero.

Antes de esta consideración, el material tipo pedraplén sobrante se transportaba desde los desmontes del final de la obra (D22, D24, D26, D28) que están alrededor del PK 4+600, hasta el vertedero ubicado en el PK 3+700. Con esa distancia de transporte bastaba con 2 camiones por retroexcavadora para que no se detuviese el ciclo. Sin embargo, el aumento de la distancia de transporte hasta el lugar donde se sustituirá el terraplén por pedraplén (alrededor del PK 2+000) supondrá un aumento en el número de camiones a disponer.

$$t_{\text{ciclo camión}} = t_{\text{carga}} + t_{\text{transporte}} + t_{\text{descarga}}$$

$$t_{\text{ciclo camión}} = 4 \text{ min} + \left(\frac{(4,600 - 2,000) \text{ Km}}{20 \text{ Km/h}} \right) + 1 \text{ min} = 13 \text{ min}$$

$$N_{\text{camiones}} = \frac{t_{\text{ciclo camión}}}{t_{\text{carga}}} = \frac{13}{4} = 4 \text{ camiones}$$

Se deberán disponer 4 camiones en vez de 2 para el transporte de este material. El sobrecoste de esos 2 camiones será:

$$\text{Coste unitario camión} = \frac{60 \text{ €/h} \cdot 10 \text{ h/día}}{600 \text{ m}^3/\text{día}} = 1 \text{ €/m}^3$$

$$\text{Sobrecoste camiones} = N_{\text{camiones}} \cdot 1 \text{ €/m}^3 = 2 \text{ €/m}^3$$

Y por lo tanto el incremento del coste directo para la empresa:

$$\boxed{\text{Incremento CD} = 13.415,62 \text{ m}^3 \cdot 2 \text{ €/m}^3 = 26.831,24 \text{ €}}$$

Se solicita a la Administración que abone la medición sustituida de esta unidad de obra como *Formación de pedraplén* en vez de *Formación de terraplén* y además, se generará un precio contradictorio para una nueva unidad de obra que se denominará *Incremento de calidad de terraplén-pedraplén* que cubra los gastos que suponen el extra de transporte de este material. Se exigirá que este precio contradictorio sea el doble del coste directo para la empresa, por lo tanto de 4,00 €/m³.

Con ello, el aumento del PEM será el siguiente:

$$\boxed{\text{PEM Antes Consideraciones} = 13.415,62 \text{ m}^3 \cdot 1,53 \text{ €/m}^3 = 20.525,90 \text{ €}}$$

$$\boxed{\text{PEM Tras Consideraciones} = 13.415,62 \text{ m}^3 \cdot (1,90 + 4,00) \text{ €/m}^3 = 79.152,16 \text{ €}}$$

CD	Incremento CD	+ 26.831,24 €
PEM	Antes Consideraciones	20.525,90 €
	Después Consideraciones	79.152,16 €
	Incremento PEM	+ 58.626,26 €

8. Vertederos alternativos para tierras

Tras haber planificado la máxima reutilización del material rocoso de la excavación, solo se transportará a vertedero el material tipo terraplén y el exceso de material tipo pedraplén (véase Consideración 7).

Se propone buscar alternativas al vertedero del PK 4+100 (que sustituye al vertedero del PK 3+700) de tal forma que el número de camiones para el transporte de material sea 2 en todo caso. Para ello se proponen 3 vertederos alternativos, además del vertedero del PK 4+100, situados en los siguientes PK:

- **Vertedero Alternativo 1:** PK 0+700. Finca situada en la margen derecha de la carretera con terreno irregular.



Figura 45. Vertedero Alternativo 1. PK 0+700.

- **Vertedero Alternativo 2:** PK 2+000. Finca situada en la margen derecha de la carretera en una cota inferior con respecto a esta.



Figura 46. Vertedero Alternativo 2. PK 2+000.

- **Vertedero Alternativo 3:** PK 5+640. Finca situada en la margen izquierda de la carretera en una cota inferior con respecto a esta.



Ello se resume en la siguiente tabla:

Desmante	PK Inicial	PK Final	Utilización	Medición (m³)	Distancia (Km)	t _c (min)	Camiones	Coste (€/m³)	Coste (€)
D1	0,000	0,380	Vertedero Alternativo 0+700	2953,38	0,510	6,5	2	3,33	9.834,76
D3	0,440	0,500	Vertedero Alternativo 0+700	532,74	0,230	5,7	2	3,33	1.774,02
D5	0,550	0,700	Vertedero Alternativo 0+700	627,23	0,075	5,2	2	3,33	2.088,68
D6	0,700	1,140	Vertedero Alternativo 0+700	9.887,82	0,220	5,7	2	3,33	32.926,44
D7	1,140	1,180	Vertedero Alternativo 0+700	153,51	0,460	6,4	2	3,33	511,19
D8	1,180	1,320	Vertedero Alternativo 0+700	1.330,71	0,550	6,7	2	3,33	4.431,26
D9	1,320	1,380	Vertedero Alternativo 0+700	389,71	0,650	7,0	2	3,33	1.297,73
D10	1,380	1,560	Vertedero Alternativo 0+700	5.845,36	0,770	7,3	2	3,33	19.465,05
D11	1,560	2,800	Vertedero Alternativo 2+000	6.133,32	0,180	5,5	2	3,33	20.423,96
D12	2,800	2,940	Vertedero Alternativo 2+000	2.082,97	0,870	7,6	2	3,33	6.936,29
D13	2,940	2,960	Vertedero Alternativo 2+000	156,04	0,950	7,9	2	3,33	519,61
D15	3,060	3,220	Vertedero 4+100	1.916,86	0,960	7,9	2	3,33	6.383,14
D17	3,340	3,400	Vertedero 4+100	387,65	0,730	7,2	2	3,33	1.290,87
D19	3,500	3,650	Vertedero 4+100	229,42	0,525	6,6	2	3,33	763,97
D21	3,860	3,900	Vertedero 4+100	574,73	0,220	5,7	2	3,33	1.913,85
D23	4,100	4,140	Vertedero 4+100	286,53	0,020	5,1	2	3,33	954,14
D25	4,190	4,240	Vertedero 4+100	366,72	0,115	5,3	2	3,33	1.221,18
D27	4,925	5,040	Vertedero Alternativo 5+640	707,65	0,658	7,0	2	3,33	2.356,47
D29	5,520	5,830	Vertedero Alternativo 5+640	2.461,47	0,035	5,1	2	3,33	8.196,70
				37.023,82					123.289,32

El transporte de material tipo terraplén quedaría de la siguiente manera:

	Volumen (m ³)
Vertedero Alternativo 0+700	21.720,46
Vertedero Alternativo 2+000	8.372,33
Vertedero 4+100	3.761,91
Vertedero Alternativo 5+640	3.169,12
TOTAL	37.023,822

Y el coste de excavación en tierra + transporte tras esta consideración sería:

$$\text{CD Tras Consideraciones} = 123.289,32 \text{ €}$$

CD	Antes Consideraciones	156.041,90 €
	Después Consideraciones	123.289,32 €
	Reducción CD	-32.752,58 €
PEM	Reducción PEM	0 €

9. Recálculo de la dotación de riego de imprimación

En el proyecto se establece una sola capa de riego de imprimación con una dotación de 1,5 kg/m². Ante esta situación se realizan dos consideraciones:

- Deberán disponerse 2 capas de riego de imprimación: una después de la zavorra de regularización del pedraplén y otra tras la capa de zavorra noble.
- Se estima suficiente una dotación de 1 kg/m².

Con estas consideraciones, se vuelve a calcular la medición de riego de imprimación.

$$\text{Medición de riego imprimación} = 2 \text{ capas} \cdot 43.887,346 \text{ m}^2 \cdot 0,001 \text{ t/m}^2 = 87,775 \text{ t}$$

El coste directo de esta unidad de obra será:

$$\text{CD Riego Imprimación} = 87,775 \text{ t} \cdot 460 \text{ €/t} = 40.376,50 \text{ €}$$

Se exige a la Administración el abono de las 2 capas de riego de imprimación, por lo que el PEM será:

$$\text{PEM Riego Imprimación} = 87,775 \text{ t} \cdot 482,26 \text{ €/t} = 42.330,37 \text{ €}$$

CD	<i>Antes Consideraciones</i>	30.282,26 €
	<i>Después Consideraciones</i>	40.376,50 €
	<i>Incremento CD</i>	+ 10.094,24 €
PEM	<i>Antes Consideraciones</i>	31.747,66 €
	<i>Después Consideraciones</i>	42.330,37 €
	<i>Incremento PEM</i>	+ 10.582,71 €

10. Error de medición en Tubo de hormigón armado de la clase II ASTM de diámetro nominal 1000 mm

Existe un error en la medición de esta unidad de obra, en la que se incluye una OD en el PK 4+720 inexistente.

Se corregirá con la medición real a ejecutar, que serán 255 m en un total de 23 obras de drenaje transversal.

Ello supone el siguiente coste directo real para la empresa:

$$\text{CD ODT 1000 mm} = 255 \text{ m} \cdot 197,26 \text{ €/m} = 50.301,30 \text{ €}$$

Y PEM para la Administración:

$$\text{PEM ODT 1000 mm} = 255 \text{ m} \cdot 207,17 \text{ €/m} = 52.828,35 \text{ €}$$

CD	<i>Antes Consideraciones</i>	55.015,24 €
	<i>Después Consideraciones</i>	50.301,30 €
	<i>Reducción CD</i>	-4.713,94 €
PEM	<i>Antes Consideraciones</i>	55.417,98 €
	<i>Después Consideraciones</i>	52.828,35 €
	<i>Reducción PEM</i>	-2.589,63 €

11. Sustitución de tubo transversal de PVC Ø400 en cruce de calzada PK 5+500

En el PK 5+500 está proyectado un tubo de PVC Ø400 mm en sección reforzada para dar salida hacia la zona de terraplén a un colector que acaba en una sección a media ladera en el lado de desmonte.

Se propone sustituir este tubo de PVC por un *Tubo de hormigón armado de la clase II ASTM de diámetro nominal 1000 mm*, en concordancia con las demás ODT proyectadas para la carretera.

Esta actuación supone un aumento de los costes directos:

$$\text{CD ODT 5 + 500} = 10 \text{ m} \cdot 197,26 \text{ €/m} = 1.972,60 \text{ €}$$

Y del presupuesto de ejecución material:

$$\text{PEM ODT 5 + 500} = 10 \text{ m} \cdot 207,17 \text{ €/m} = 2.071,70 \text{ €}$$

CD	<i>Antes Consideraciones</i>	833,37 €
	<i>Después Consideraciones</i>	1.972,60 €
	<i>Incremento CD</i>	1.139,23 €
PEM	<i>Antes Consideraciones</i>	814,60 €
	<i>Después Consideraciones</i>	2.071,70 €
	<i>Incremento PEM</i>	1.257,10 €

12. Tratamiento geotécnico en torcas

La explanación de la carretera atraviesa dos torcas, una situada en el PK 1+340 y otra en el PK 3+520. Se considera que, para no alterar el sistema hidráulico de la zona, deberá realizarse un tratamiento geotécnico compuesto por escollera, capa de filtro de grava 12/25 y sobre ella, un geotextil que impida la colmatación del material drenante.

El proyecto incluye la escollera para las dos torcas, pero grava solo para la torca del PK 3+520. Se entiende que esto sea un error de medición por lo que se calcula el incremento de coste directo y PEM para disponer la grava 12/25 en la torca del PK 1+340. El material a disponer será de aproximadamente unos 100 m³.

$$\text{CD Grava Torca 1 + 340} = 100 \text{ m}^3 \cdot 9,28 \text{ €/m}^3 = 928,00 \text{ €}$$

$$\text{PEM Grava Torca 1 + 340} = 100 \text{ m}^3 \cdot 12,90 \text{ €/m}^3 = 1.290,00 \text{ €}$$

El proyecto tampoco incluye el geotextil, por lo que habrá de generar un precio contradictorio para que la Administración abone esta unidad de obra. Se considera que el coste directo para la empresa constructora será de 1,50 €/m² y el precio contradictorio el doble, por lo tanto 3 €/m².

Se considera una medición de 200 m² por torca, lo que supone una medición total de 400 m².

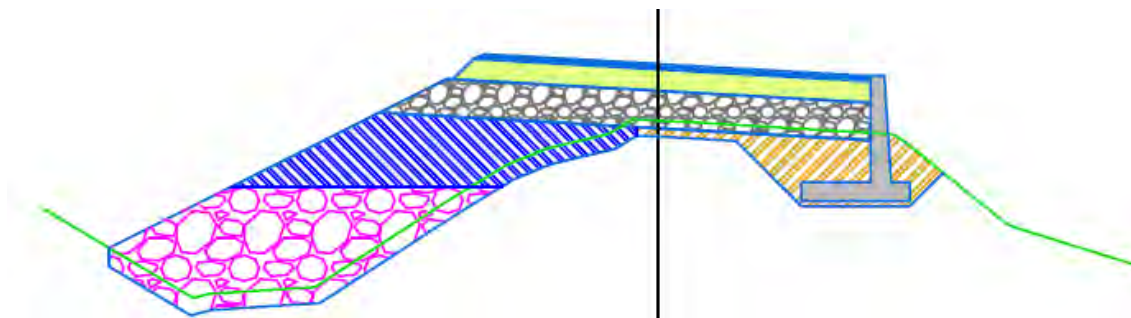


Figura 47. Perfil transversal torca PK 3+520.

$$\text{CD Geotextil} = 400 \text{ m}^2 \cdot 1,50 \text{ €/m}^2 = 600,00 \text{ €}$$

$$\text{PEM Geotextil} = 400 \text{ m}^2 \cdot 3,00 \text{ €/m}^2 = 1.200,00 \text{ €}$$

CD	Incremento grava	928,00 €
	Incremento geotextil	600,00 €
	Incremento CD	1.528,00 €
PEM	Incremento grava	1.290,00 €
	Incremento geotextil	1.200,00 €
	Incremento PEM	2.490,00 €

Se presenta en la siguiente tabla un resumen de todas las consideraciones propuestas en este apartado, con su correspondiente variación de coste directo para la constructora y de presupuesto de ejecución material para la Administración, detallándose el CD y PEM antes y después de la propuesta de alternativas:

		CD	PEM
1	Reducción plazo ejecución	0,00 €	0,00 €
2	Muros de escollera	-108.692,69 €	-95.348,97 €
3	Reducción de pedraplén en trincheras	-13.229,46 €	-13.144,49 €
4	Reducción y proveniencia de ZA	-136.697,36 €	-176.029,96 €
5	Ejecución desmonte D18 con voladura	-84.934,94 €	0,00 €
6	Sustitución vertedero 3+700	-33.917,55 €	-41.183,01 €
7	Sustitución terraplén por pedraplén	26.831,24 €	58.626,26 €
8	Vertederos alternativos para tierras	-32.752,58 €	0,00 €
9	Dotación riego de imprimación	10.094,24 €	10.582,71 €
10	Error medición ODT 1000	-4.713,94 €	-2.589,63 €
11	Sustitución tubo transversal PVC 5+500	1.139,23 €	1.257,10 €
12	Tratamiento torcas	1.528,00 €	2.490,00 €
	TOTAL	-375.345,81 €	-255.339,99 €

Antes CONSIDERACIONES	2.681.685,20 €	3.045.665,34 €
Después CONSIDERACIONES	2.306.339,39 €	2.790.325,35 €

El PEM se reduce en 255.339,99 € con respecto al original del proyecto. Sin embargo, en la obra surgirán imprevistos, peticiones municipales, sorpresas geotécnicas, sobrecostes no considerados, la voluntad por parte de la Administración de hacer un mirador en el PK 4+450... ante los cuales la empresa constructora hará reclamaciones para que la Administración le abone una compensación por ello. Se asume que el valor de estas reclamaciones será tal que la Administración se gaste todo el dinero que tenía previsto para la ejecución de las obras, por lo que el PEM volverá a ser el original, 3.045.665,34 €.

Los costes totales para la empresa constructora tras las consideraciones propuestas serán la suma de:

- Costes Directos: 2.306.339,39 €.
- Gastos de Gestión Interna: 20.000 €/mes. Se considerará el plazo de ejecución de la obra al que se ha llegado como consecuencia la planificación de obra realizada en este documento, que es de 15 meses y 1 semana (ver *Plan de Obra*).
- Tasas de Estructura: 5,5 % del valor de la venta.
- Tasas de Inspección del Gobierno Regional: 4 % del Presupuesto de Ejecución Material Real.

A continuación, se calculará la baja sobre el Presupuesto Base de Licitación que podría haberse presentado en el proceso de licitación del contrato de la obra, tras la búsqueda de alternativas para mejorar la baja propuesta en el apartado *Estudio Económico*.

COSTES DIRECTOS (CD) = 2.306.339,39 €
GASTOS DE GESTIÓN INTERNA (GGI) = $20.000 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \cdot 15 \text{ meses} \cdot \frac{1}{4} = 305.000,00 \text{ €}$
TASAS DE ESTRUCTURA (TE) = $0,055 \cdot \text{PEM} \cdot 1,19 \cdot \text{CA}$
TASAS DE INSPECCIÓN (TI) = $0,04 \cdot \text{PEM} \cdot \text{CA}$
PEM = 3.045.665,34 €
PBL (sin IVA) = 3.624.341,75 €

Por lo tanto:

COSTES TOTALES = $\text{CD} + \text{GGI} + \text{TE} + \text{TI}$ = $\text{CD} + \text{GGI} + 0,055 \cdot \text{PEM} \cdot 1,19 \cdot \text{CA} + 0,04 \cdot \text{PEM} \cdot \text{CA}$
VENTA = $\text{PEM} \cdot 1,19 \cdot \text{CA}$

Igualando los costes totales a la venta y despejando el coeficiente de adjudicación:

$\text{CA} = \frac{\text{CD} + \text{GGI}}{\text{PEM} \cdot (1,19 - 0,055 \cdot 1,19 - 0,04)} = \mathbf{0,7906}$
--

BAJA = $(1 - \text{CA}) \cdot 100 = (1 - 0,7906) \cdot 100 = \mathbf{20,94 \%}$
--

Por lo tanto, obtenido el coeficiente de adjudicación, la venta será:

VENTA = $\text{PEM} \cdot 1,19 \cdot \text{CA} = 2.865.238,00 \text{ €}$

En la siguiente tabla se recogen los costes para la empresa:

COSTES DIRECTOS (CD) = 2.306.339,39 €
GASTOS DE GESTIÓN INTERNA (GGI) = 305.000,00 €
TASAS DE ESTRUCTURA (TE) = 157.588,09 €
TASAS DE INSPECCIÓN (TI) = 96.310,52 €
COSTES TOTALES = 2.865.238,00 €

CONCLUSIONES

Ante la previsión de que esta baja del 20,94 % pudiera no ser suficiente para conseguir la adjudicación del contrato de esta obra por comparación con obras de tipología y envergadura similar y con Administraciones regionales como el Gobierno de Cantabria (y de hecho, no lo hubiera sido en el proceso de licitación real de la obra, que se adjudicó a OHL con una baja del 40,10 %), habrá de asumirse un cierto riesgo para incrementar la baja obtenida.

Esta asunción de riesgo para conseguir la adjudicación de la obra, y teniendo en cuenta que la Administración se reserva un 10 % extra del presupuesto de adjudicación en concepto de liquidación de obras que podrá ser revertido a la constructora, podría estar en torno a un 10-15 % de aumento de la baja.

Con este riesgo, se podría alcanzar una baja del 35 %, que no llega a ser el 40,10 % de la adjudicación real, pero estaría alrededor de la media de las empresas que optaron al proceso de licitación real.

Actualmente, es muy extraño que el criterio de valoración de las ofertas sea únicamente el precio como es el caso de esta obra. De hecho, en la actualidad, esta misma Administración incluye diferentes criterios de valoración en todas las obras de este tipo que licita, siendo la oferta económica únicamente un 45% del total de la valoración. Por lo tanto, el estudio realizado en este TFM sería válido asumiendo el riesgo citado y haciendo una buena presentación técnica (similar a la memoria desarrollada) que pudiera compensar en puntuación el no ofertar la propuesta económica más barata.

Se muestra a continuación un ejemplo de los criterios de valoración de ofertas habituales en la actualidad en obras de carretera del Gobierno de Cantabria:

M. CRITERIOS DE ADJUDICACIÓN (artículos 145 y 146 LCSP)				
Descripción criterio	Ponderación:	Umbral mínimo (en su caso)	Fases de valoración	Sobre
1.- Proposición Económica	45	-----	2ª	C
2.- Ampliación del plazo de garantía	10	-----	2ª	C
3.- Memoria descriptiva del proceso de ejecución y programa de trabajo	30	22,50	1ª	B
4.- Plan de calidad	8	(suma de 3º,	1ª	B
5.- Análisis medioambiental de la obra	7	4º y 5º)	1ª	B